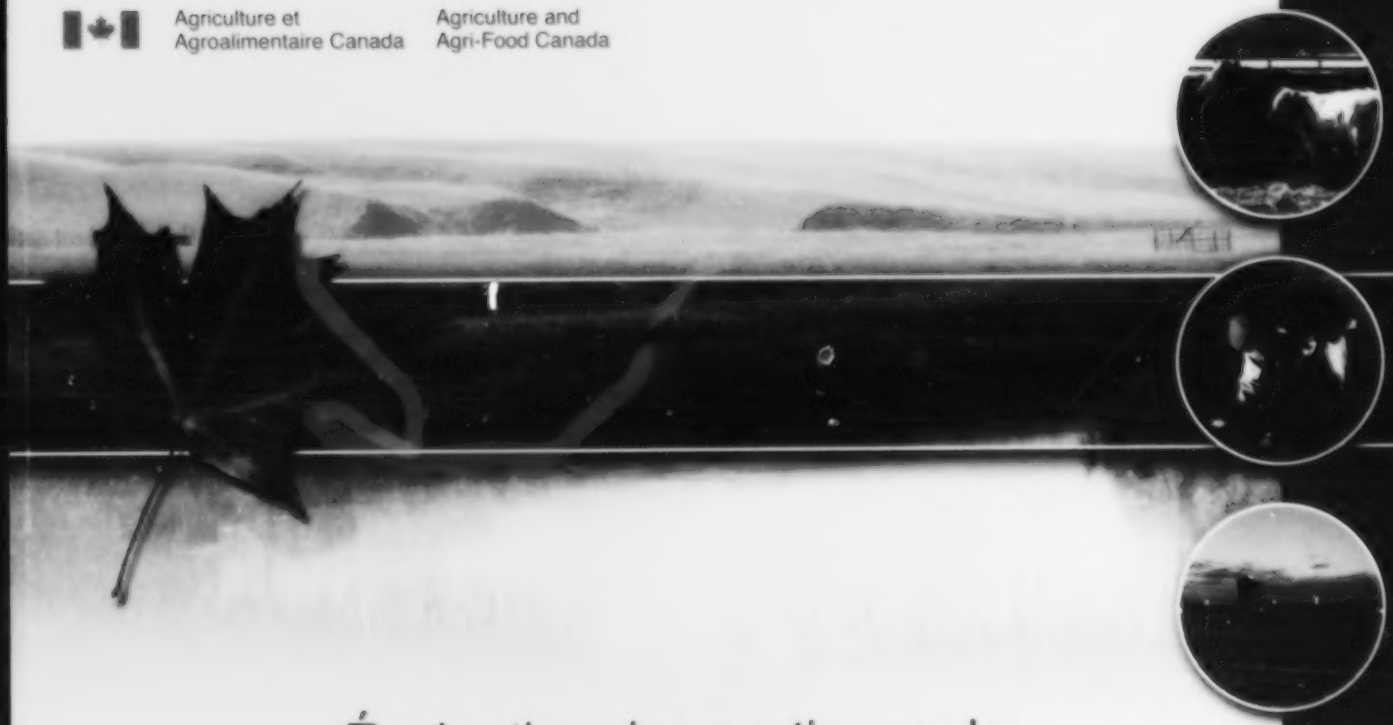
Agriculture et Agroalimentaire Canada

Agriculture and Agri-Food Canada



Évaluation des pratiques de gestion bénéfiques à l'échelle des bassins hydrographiques

EPBH

Pour une planification améliorée du paysage agricole

Examen quadriennal
(2004/5 - 2007/8)

Canards Illimités Canada
La conservation des milieux humides

Canada

Pour obtenir des exemplaires additionnels de cette publication ou pour demander un exemplaire sur support de substitution, veuillez communiquer avec :

Service des publications du Ministère
Téléphone : 613-773-1444
Télécopieur : 613-773-1498
Courriel : publications@agr.gc.ca

Version électronique disponible à l'adresse suivante : www.agr.gc.ca/epbh

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2010

Cette publication peut être reproduite sans autorisation dans la mesure où la source est indiquée en entier.

Catalogage avant publication de Bibliothèque et Archives Canada

Inscription principale au titre :
Évaluation des pratiques de gestion bénéfiques à l'échelle des bassins hydrographiques (EPBH) : pour une planification améliorée du paysage agricole - examen quadriennal (2004/5 - 2007/8).

Publié aussi en anglais sous le titre : *Watershed Evaluation of Beneficial Management Practices (WEBs) : Towards Enhanced Agricultural Landscape Planning - Four-Year Review (2004/5 - 2007/8).*

Comprend des références bibliographiques.

No de catalogue A22-500/1-2009F
ISBN 978-1-100-92520-2
No AAC 10077F

1. Évaluation des pratiques de gestion bénéfiques à l'échelle des bassins

hydrographiques. 2. Exploitations agricoles--Gestion--Aspect de l'environnement

--Canada. 3. Agriculture durable--Aspect économique--Canada. 4. Cours d'eau--Conservation--Canada. 5. Hydrologie des bassins hydrographiques--Canada. 6. Agriculture--Aspect de l'environnement--Canada. 7. Hydrologie des bassins hydrographiques--Canada--Simulation par ordinateur. I. Stuart, Valerie II. Canada. Agriculture et Agroalimentaire Canada III. Canards illimités Canada.

HD1696 C3 W8414 2010 333.73'160971 C2010-980040-0

Ce rapport peut être cité comme suit :
Stuart, V., D.B. Harker, T. Scott, et R.L. Clearwater (eds). 2010. *Évaluation des pratiques de gestion bénéfiques à l'échelle des bassins hydrographiques (EPBH) : pour une planification améliorée du paysage agricole - examen quadriennal (2004/5 – 2007/8)*. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa (Ontario)

Chaque chapitre peut être cité comme suit :
[Nom(s) de l'auteur ou des auteurs du chapitre]. 2010. [Tête de chapitre]. Pages [...] - [...] dans Stuart, V., D.B. Harker, T. Scott, et R.L. Clearwater (eds). 2010. *Évaluation des pratiques de gestion bénéfiques à l'échelle des bassins hydrographiques (EPBH) : pour une planification améliorée du paysage agricole - examen quadriennal (2004/5 – 2007/8)*. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa (Ontario)

10 % de matières recyclées après consommation

Évaluation des pratiques de gestion bénéfiques à l'échelle des bassins hydrographiques

EPBH

Pour une planification améliorée du paysage agricole

Examen quadriennal
(2004/5 - 2007/8)

Agriculture et Agroalimentaire Canada 2010

Message du sous-ministre

Important pilier de l'économie canadienne, l'agriculture permet de combler les besoins d'approvisionnement alimentaire de la population et contribue aux rentrées d'argent grâce à des exportations représentant 21,7 milliards de dollars par année. L'agriculture est aussi un des plus grands utilisateurs de terres au Canada, plus de 60 millions d'hectares étant consacrées aux cultures et aux parcours. Les agriculteurs sont conscients de leurs responsabilités en tant qu'intendants de l'environnement, et ils s'efforcent continuellement de rehausser leurs pratiques afin d'améliorer l'environnement au profit de tous les Canadiens.

En qualité de sous-ministre d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC), je suis heureux de présenter ce rapport intitulé Évaluation des pratiques de gestion bénéfiques à l'échelle des bassins hydrographiques : Pour une planification améliorée du paysage agricole.

AAC remplit une partie de son mandat en matière de durabilité agroenvironnementale en faisant des recherches sur le rendement des pratiques de gestion bénéfiques (PGB) conçues pour améliorer l'environnement grâce à des méthodes agricoles responsables. L'Évaluation des pratiques de gestion bénéfiques à l'échelle des bassins hydrographiques (EPBH) est un projet financé par le gouvernement fédéral qui a été lancé en 2004 dans le but de mieux comprendre comment les PGB peuvent contribuer à améliorer la qualité de l'eau et d'autres aspects de l'environnement, tout en augmentant la rentabilité des exploitations agricoles.

Le présent rapport résume les réalisations et les progrès accomplis dans le cadre de l'EPBH durant les quatre premières années du projet, d'avril 2004 à mars 2008. Il fournit de l'information sur les expériences menées à l'échelle des bassins hydrographiques, des explications sur l'interaction des PGB entre elles et avec les paramètres du paysage, et résume bon nombre des conclusions préliminaires dans le contexte environnemental, économique et stratégique.

La Direction générale des services agroenvironnementaux d'AAC et son prédécesseur, l'Administration du rétablissement agricole des Prairies, fournissent aux agriculteurs et à l'industrie agricole une information à la fine pointe du progrès et des services axés sur les clients, et ce, depuis bientôt 75 ans. Nous continuerons à chercher des solutions agroenvironnementales innovantes à l'échelle du paysage au moyen de projets tels que l'EPBH, qui nous aideront à mieux servir les agriculteurs canadiens tout en préservant et en améliorant l'environnement du Canada pour les générations futures.

John Knubley
Sous ministre
Agriculture et Agroalimentaire Canada

Remerciements

Le présent rapport résume les progrès et les résultats des quatre premières années (2004/5 - 2007/8) du projet d'évaluation des pratiques de gestion bénéfiques à l'échelle des bassins hydrographiques (EPBH). L'équipe de gestion du projet d'EPBH aimerait remercier les personnes suivantes pour leur contribution au rapport et pour les efforts qu'ils déploient jour après jour afin d'assurer la réussite du projet.

Responsables des bassins hydrographiques de l'EPBH (de l'Ouest à l'Est) :

- Klaas Broersma - Bassin hydrographique de la rivière Salmon, Colombie-Britannique
- Jim Miller - Bassin hydrographique de la rivière Lower Little Bow, Alberta
- Jim Yarotski - Bassin hydrographique du ruisseau Tobacco Sud, Manitoba
- David Lapen - Bassin hydrographique de la rivière Nation Sud, Ontario
- Eric van Bochove - Bassins hydrographiques de la rivière Bras d'Henri et du ruisseau Fourchette, Québec
- Lien Chow - Bassin hydrographique du ruisseau Black, Nouveau-Brunswick
- Dale Hebb - Bassin hydrographique du ruisseau Thomas, Nouvelle-Écosse

Coprésidents des sous-comités de l'EPBH :

- Facteurs économiques (coprésidents : Carlyle Ross, Merle Boyle et Mohammad Khakbazan, AAC)
- Modélisation hydrologique (co-présidents : Jim Yarotski et David Lapen, AAC)
- Modélisation intégrée (président : Shane Gabor, Canards Illimités Canada)
- Communications (présidente : Valerie Stuart, AAC)

Nous tenons à remercier les nombreux producteurs exploitant des terres dans les différents bassins versants visés par l'EPBH. Si ce projet a vu le jour, c'est en partie grâce à leur volonté de collaborer avec les chercheurs responsables de l'EPBH. Il convient également de reconnaître la contribution des nombreux partenaires (voir le chapitre 1) pour leurs efforts et leur attachement au projet. Enfin, il faut remercier spécialement Canards Illimités Canada, dont la contribution financière et les conseils techniques ont grandement facilité le déroulement du projet.

Nous remercions sincèrement Laurie Baker pour son rapport sommaire des études économiques de l'EPBH, Brian Abrahamson pour son rapport sommaire des études de modélisation et Buzz Crooks, de Beaverbrook Communications, qui a préparé les témoignages recueillis auprès des partenaires de l'EPBH et des producteurs participants, et qui sont reproduits dans les encadrés. Nous remercions également les nombreux partenaires et les collègues qui ont révisé la version préliminaire du présent rapport. Leur contribution et leurs suggestions nous ont aidés à structurer et à clarifier le contenu du rapport.

Rapport rédigé par :

Valerie Stuart, responsable des communications et du rapport de l'EPBH
Lucy Clearwater, assistante, projet EPBH
Brook Harker, directeur du projet EPBH
Terrie Scott, gestionnaire adjointe, projet EPBH

Pour plus d'information, veuillez envoyer un message à l'adresse epbh@agr.gc.ca ou visiter le site Web de l'EPBH : www.agr.gc.ca/epbh.

Avant-propos

L'équipe de gestion du projet EPBH est heureuse de présenter ce rapport comprenant un examen quadriennal des travaux et des résultats du projet réalisé au titre du *Cadre stratégique pour l'agriculture* (CSA).

Jusqu'ici, trois rapports annuels ont été publiés. Le présent rapport couvre l'ensemble du projet, depuis son lancement en avril 2004 jusqu'à la fin de mars 2008. Il traite des sept bassins hydrographiques étudiés aux fins de l'EPBH et présente les résultats scientifiques des composantes de biophysique, de facteurs économiques, de modélisation hydrologique et de modélisation intégrée.

Pour plus de précisions sur les aspects techniques de l'EPBH, veuillez consulter les documents d'accompagnement suivants (disponibles sous forme imprimée et en version électronique) :

- Résumé technique n° 1 : Volet biophysique (2004/5 - 2007/8)
- Résumé technique n° 2 : Volet économique (2004/5 - 2007/8)
- Résumé technique n° 3 : Volets modélisation hydrologique et modélisation intégrée (2004/5 - 2007/8)

Pour obtenir un exemplaire de ces résumés techniques, veuillez envoyer un courriel à l'adresse suivante : epbh@agr.gc.ca.

D'autres renseignements sur le projet sont fournis à l'adresse suivante : www.agr.gc.ca/epbh.

Sommaire général

Le projet d'Évaluation des pratiques de gestion bénéfiques à l'échelle des bassins hydrographiques (EPBH) a été lancé en avril 2004 dans le but d'évaluer l'incidence de plusieurs pratiques de gestion bénéfiques (PGB) sur le plan environnemental et économique dans sept petits bassins versants du Canada. Aux termes du *Cadre stratégique pour l'agriculture* (CSA), Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) a été le principal organisme de financement et a compté Canards Illimités Canada parmi ses principaux partenaires financiers. Plus de 40 autres organismes fédéraux, provinciaux, municipaux et universitaires ainsi que des organisations non gouvernementales ont également participé au projet. Le présent rapport est un résumé des quatre premières années du projet (avril 2004 – mars 2008).

L'EPBH a été entreprise principalement pour valider le rendement de certaines PGB dans un bassin hydrographique donné, avec pour objectif ultime de fournir l'information requise pour l'élaboration des politiques futures et de faciliter la prise de décisions au sujet des programmes. Les coûts et les avantages environnementaux des PGB ont rarement été évalués autrement que dans le cadre de petites parcelles et de petits essais au champ. Peu de ces pratiques ont été évaluées à l'échelle des bassins hydrographiques, où les effets conjugués du sol, de la topographie et du mode d'utilisation des terres peuvent modifier considérablement les résultats attendus.

L'EPBH a contribué à enrichir les connaissances au sujet de la valeur des PGB agricoles. Il s'agit d'une des premières études au Canada à évaluer tant la performance environnementale qu'économique des PGB à l'échelle des bassins hydrographiques. Les recherches novatrices et interdisciplinaires menées dans les sept sites de l'EPBH nous ont permis de faire un pas de plus au chapitre de l'amélioration de la qualité de l'eau dans les paysages agricoles. Les responsables de l'EPBH maintiennent également d'étroites relations de travail avec les responsables du Conservation Effects Assessment Project (CEAP) mis en œuvre par le ministère de l'Agriculture des États-Unis (USDA), ce qui leur permet d'échanger de l'information et les leçons retenues étant donné que les projets poursuivent des objectifs similaires.

Stratégie d'évaluation des PGB

Les projets de l'EPBH comprennent les volets suivants : des *évaluations biophysiques* destinées à mesurer l'incidence des PGB sur des facteurs environnementaux, comme la qualité de l'eau, des *évaluations économiques* servant à examiner les coûts et les avantages de la mise en œuvre des PGB, et la *modélisation hydrologique* des interactions avec le paysage et de leur corrélation avec les PGB, afin d'extrapoler les résultats à un bassin hydrographique plus étendu en vue d'obtenir une perspective régionale au sujet des problèmes touchant les grands bassins versants. À deux sites d'évaluation, des recherches pilotes de *modélisation intégrée* ont été entreprises pour combiner les facteurs biophysiques, économiques et hydrologiques dans un instrument d'aide à la prise de décisions pour la planification

à long terme des mesures appliquées au bassin hydrographique.

Un ensemble de PGB a été appliqué à chacun des sept sites d'étude (dont la superficie couvre entre 300 et 2 500 hectares). Ces PGB ont été choisies pour correspondre aux conditions uniques de chaque bassin hydrographique, par conséquent, les PGB ne sont pas toutes les mêmes d'un site à l'autre. L'EPBH n'est pas censée fournir une comparaison des effets de chaque PGB à travers un large éventail de paysages et de bassins versants. Cela constituerait un tout autre type d'expérience qui s'éloigne du champ d'application du projet.

L'EPBH porte avant tout sur la qualité de l'eau, un indicateur relativement fiable d'autres incidences environnementales, par exemple l'état du sol, la qualité de l'air ou la biodiversité. Toutefois, dans bien des cas, les chercheurs ont également examiné d'autres paramètres environnementaux tels que l'état du sol ou des zones riveraines et la composition des populations d'invertébrés aquatiques.

Lorsque c'était possible, les données recueillies sur le terrain dans les bassins hydrographiques à l'étude ont été utilisées dans les recherches économiques et de modélisation. Dans d'autres cas, on s'est d'abord servi de données provenant d'articles publiés, puis on y a ajouté celles recueillies sur le terrain. Les données recueillies sur le terrain compléteront les données déjà publiées et permettront d'accroître le degré de confiance accordé aux résultats de la modélisation et aux conclusions générales de l'EPBH.

Résultats des quatre premières années du projet

Les sept sites de l'EPBH ont permis de recueillir des données scientifiques et d'observer de nombreux résultats aussi utiles qu'intéressants. Le délai d'attente requis pour obtenir les résultats variait selon les sites à cause du temps nécessaire pour établir les programmes de surveillance, recueillir les données repères, mettre en œuvre les PGB et entreprendre des études connexes. Par conséquent, certains sites n'ont accumulé que deux à trois années de résultats après la mise en œuvre des PGB, et la plupart n'ont pas plus de deux années de données économiques et de modélisation. Comme ces essais sont menés à l'échelle du bassin hydrographique, où seules des données à long terme compenseront pour la variabilité spatiale et temporelle, il est encore tôt pour tirer des conclusions définitives. Néanmoins, l'EPBH a grandement facilité la compréhension de la performance environnementale et économique des pratiques de gestion bénéfiques mises en œuvre.

L'EPBH a permis de faire d'importants progrès dans la compréhension du rendement de pratiques précises dans les bassins versants où elles ont été essayées. À partir de là, nous pourrons mieux comprendre l'applicabilité à grande échelle de ces PGB dans un contexte régional particulier. L'équipe de l'EPBH a également recueilli de précieux renseignements sur les difficultés à cerner les effets économiques, à la ferme et à l'extérieur de la ferme, de l'adoption des PGB. Des progrès ont été réalisés dans la validation des modèles hydrologiques à partir des résultats des essais menés sur les PGB. Nous disposons ainsi d'une solide assise scientifique pour l'application de ces modèles à d'autres PGB et à d'autres paysages, et pourrons à terme établir des comparaisons entre de plus vastes écosystèmes. Enfin, l'équipe de l'EPBH a commencé à intégrer les résultats biophysiques et économiques de manière à permettre l'interprétation et l'application des conclusions de l'étude à des fins de planification plus étendue. Il reste beaucoup à faire, mais les premières étapes franchies sont encourageantes.

Résultats biophysiques

Plus de la moitié des essais effectués au sujet des PGB (13 sur 22) ont révélé

qu'il était clairement possible de réduire la charge de contaminants dans les eaux de surface. Toutefois, dans bien des cas, il restera à déterminer le degré d'efficacité des pratiques. Certains résultats sont mitigés : si certains paramètres sur la qualité de l'eau s'améliorent, d'autres restent peu concluants ou sont carrément négatifs. Des améliorations dans un paramètre peuvent survenir au détriment d'un autre paramètre. Dans certains cas, tandis que les effets des PGB étaient incertains en ce qui a trait à la qualité de l'eau, ils étaient positifs pour d'autres indicateurs environnementaux tels que l'état de santé des bandes riveraines et des populations d'invertébrés aquatiques. On en a beaucoup appris sur l'interaction entre les processus liés au paysage et l'effet des PGB. Bien que la contribution de chaque PGB aux charges en bordure du champ ou dans le ruisseau soit souvent évidente, l'effet cumulé de plusieurs PGB sur la qualité de l'eau peut être difficile à déceler en aval, à l'exutoire du bassin. Inversement, dans certains bassins versants dotés d'une combinaison complexe de petits champs et de petites superficies de paysage, l'exutoire du bassin peut représenter le seul endroit où il est possible de détecter l'effet d'une PGB, et ce, uniquement sous forme d'effet cumulé.

Résultats économiques

Dans le cadre du volet économique de l'EPBH, on a évalué les coûts de mise en oeuvre des PGB à la ferme et commencé à évaluer les retombées potentielles à la ferme et hors ferme de l'adoption des PGB. Les économistes qui ont travaillé à l'EPBH ont appliqué différents modèles et instruments économiques aux situations propres à chaque bassin hydrographique. La plupart des PGB étudiées comportent des coûts de mise en oeuvre et de maintien élevés. Près de 75 % des PGB offrent un potentiel de surcroît de revenu à la ferme : bien que limitées, les retombées monétaires (légère augmentation des rendements ou du gain de poids des bovins, etc.) peuvent compenser une partie des frais de mise en oeuvre des PGB. Néanmoins, jusqu'à présent, la variation nette des revenus agricoles s'est avérée généralement négative. La PGB du drainage souterrain, dans le bassin hydrographique de la rivière Nation Sud, où les gains de rendement du maïs et du soja amortiront les frais d'installation des drains en trois ou quatre ans, est un cas d'exception à cet égard. D'autres PGB pourraient se révéler rentables à l'échelle de la ferme, mais il reste à les découvrir. Bon nombre des PGB étudiées peuvent avoir des retombées hors ferme (publiques), et quelques études d'intérêt public ont été entreprises dans le cadre de l'EPBH. À mesure que les résultats de la surveillance biophysique de l'EPBH s'accumuleront, les économistes de l'étude pourront intégrer les données pour accroître le degré de confiance accordé à leurs méthodes et aux résultats.

Résultats de la modélisation hydrologique

La modélisation hydrologique réalisée aux sites du projet complète les évaluations biophysiques et économiques. Cette activité implique l'utilisation de modèles informatiques avancés permettant d'accroître la compréhension des conditions de fond et des processus des bassins versants, tout en facilitant l'extrapolation de l'information sur les impacts des PGB à de plus grands bassins versants afin de fournir une perspective régionale au sujet des problèmes touchant les bassins versants. Le modèle Soil and Water Assessment Tool (SWAT) est le principal outil de modélisation hydrologique utilisé dans les bassins versants de l'EPBH. L'étalonnage du modèle a été effectué pour la plupart des bassins versants, souvent à partir de données tirées des articles publiés. Certains éléments de modélisation ont été modifiés afin de mieux refléter le climat canadien et de tenir compte de certaines PGB. La plupart des projections laissent entrevoir une réduction à long terme des concentrations de sédiments et de

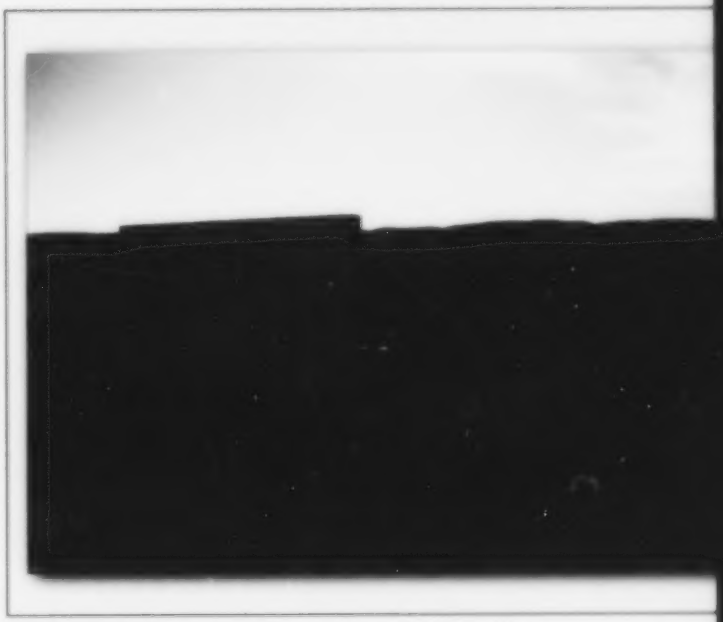
nutriments, mais ces résultats devront être évalués de manière plus précise à l'aide des données recueillies sur le terrain dans le cadre de l'EPBH. Il faudra poursuivre les travaux pour obtenir des résultats uniformes à l'échelon du sous-bassin.

Résultats de la modélisation intégrée

Deux projets pilotes de modélisation intégrée sont en cours aux sites du ruisseau Tobacco Sud (Man.) et du Bras d'Henri (Qc). Des évaluations hydrologiques approfondies ont été menées sur ces deux sites afin de projeter les retombées des PGB sur la qualité de l'eau. Comme les données économiques étaient plus facilement accessibles à ces endroits, les évaluations économiques étaient généralement plus détaillées que dans les autres bassins de l'EPBH. Les modèles économiques ont été utilisés pour estimer les coûts de certaines PGB et de plusieurs combinaisons de PGB, à la ferme et au niveau des bassins versants. Un modèle de la conduite de la ferme et/ou des enquêtes agricoles ont été utilisés pour élaborer des scénarios sur l'adoption des PGB. Des progrès significatifs ont été accomplis pour intégrer des facteurs hydrologiques, des facteurs économiques au niveau de la ferme et d'autres paramètres dans ces modèles. Une plate-forme prototype a été essentiellement achevée pour chacun des bassins versants pilotes. L'interface, qui permet d'échanger de l'information entre les modèles hydrologiques et économiques, a été partiellement achevée et constituera un outil précieux pour les chercheurs et les gestionnaires de la conservation. Les données biophysiques et économiques de l'EPBH seront intégrées à ces modèles.

Conséquences pour la recherche, les politiques et les programmes

En enrichissant les connaissances au sujet du rendement environnemental et économique des PGB, l'EPBH démontre sa pertinence pour l'élaboration des politiques et des programmes. Cependant, les responsables de l'EPBH ont à peine commencé à explorer ce que pourrait signifier ses conclusions pour ceux qui se consacrent à la recherche, à l'élaboration de politiques et à la mise sur pied de programmes. Il est essentiel que le dialogue entre ces groupes d'intérêt se poursuive afin de maximiser la pertinence des résultats de l'EPBH.



Incitatifs et comparaisons

Jusqu'ici, on a uniquement démontré hors de tout doute la rentabilité au niveau de la ferme d'une des PGB étudiées dans le cadre de l'EPBH, soit le drainage contrôlé par canalisations. Cette PGB semble également avoir des retombées hors ferme (publiques). En partie grâce à la robustesse des résultats de recherche de l'EPBH, le groupe de conservation local et le gouvernement provincial concernés ont inclus cette pratique parmi les PGB admissibles à un partage limité des coûts, confirmant ainsi que cette information sur les effets à la ferme et hors ferme est

pertinente et utile pour réaliser les objectifs des politiques et des programmes.

Il est entendu que d'autres PGB pourraient s'avérer économiquement viables, mais leurs retombées à la ferme ou hors ferme n'ont pas encore été quantifiées dans le cadre de l'EPBH. En l'absence d'une telle preuve, les PGB dont la viabilité économique, ou à tout le moins environnementale, à la ferme n'est pas démontrée ont peu de chances d'être mises en œuvre ou maintenues à long terme sans incitatif financier ou lié à la réglementation. Il en ira probablement de même pour les PGB qui offrent principalement des retombées hors ferme.

Bien que l'EPBH n'ait pas été conçue pour comparer les effets des PGB dans les conditions propres aux différents bassins versants, certaines PGB ont été appliquées dans plus d'un bassin versant, de sorte que les comparaisons sont plus ou moins inévitables. Une évaluation préliminaire des effets qui pourraient être observés dans plus d'un site a été entreprise pour certains résultats liés aux PGB. Si les résultats biophysiques et/ou économiques de ces pratiques ont parfois été similaires dans tous les bassins versants, les résultats sont loin d'être uniformes.

Signaux et concepts des bassins hydrographiques

Bien qu'il soit trop tôt pour tirer des conclusions à l'échelle des bassins hydrographiques, un certain nombre de signaux pertinents pour la recherche, l'élaboration de politiques et la mise sur pied de programmes ressortent clairement de l'EPBH. Ceux-ci sont illustrés par des exemples spécifiques dans chacun des sept bassins versants et par des concepts portant sur la nécessité de : départager les avantages présumés des avantages confirmés des PGB; isoler l'impact et l'applicabilité des effets locaux par rapport aux effets régionaux; tirer parti des séries de données historiques; évaluer le bien-fondé de coupler les résultats biophysiques et économiques. Il faut aussi tenir compte de la nécessité de mieux quantifier les processus sous-jacents des bassins versants, de l'incertitude liée à l'application des résultats à court terme, des problèmes d'interprétation liés à la complexité des interactions entre les petits champs et la petite superficie du paysage, et des défis liés à l'extrapolation des résultats à de plus vastes bassins versants.

Fixer des cibles et extrapoler

On pourra améliorer l'applicabilité des résultats de l'EPBH aux politiques et aux programmes en faisant le lien entre ce qu'on sait au sujet du rendement environnemental des PGB et les motivations économiques et non économiques des producteurs à la ferme. Il serait possible d'utiliser l'expérience acquise jusqu'ici grâce à l'EPBH pour concevoir et appliquer un processus de tri permettant de déterminer les pratiques de gestion bénéfiques les plus susceptibles d'avoir d'importantes retombées à la ferme par rapport à celles qui ont principalement des retombées hors ferme, et d'orienter ainsi les ressources d'enquête vers la quantification des effets probables. En outre, il sera peut-être rentable du point de vue des programmes de limiter l'application de certaines PGB à

des zones précises du bassin versant, de façon à atteindre les résultats souhaités au chapitre de la qualité de l'eau.

Nous poursuivrons les efforts pour extrapoler les résultats biophysiques, économiques et de modélisation au niveau des sous-bassins ou des bassins versants. Il s'agira pour cela d'élargir l'analyse biophysique, économique et hydrologique et de mieux intégrer ces éléments de recherche.

Autres grandes réalisations

L'EPBH est un projet multidisciplinaire auquel participent des experts en recherche agricole, biophysique et hydrologique, en sciences économiques et en modélisation. Ce projet a favorisé la création de partenariats fructueux avec de nombreux organismes et ministères. La collaboration de personnes aux compétences variées était l'une de ses grandes forces.

L'équipe de l'EPBH continue de distribuer un large éventail de produits de communication pour faire connaître les résultats de l'étude. Ces produits comprennent différentes présentations aux ateliers et conférences; un nombre croissant d'articles publiés dans des revues scientifiques, des journaux et des magazines; des brochures et des fiches d'information; un site Web à jour et des rapports annuels. En outre, l'équipe de l'EPBH organise des visites des bassins versants et un atelier technique une fois par année, le tout afin d'accroître les connaissances au sujet des concepts et des facteurs qui sous-tendent le rendement des PGB.

Prochaines étapes

Maintenant que l'infrastructure nécessaire et les partenariats sont en place, l'EPBH est bien positionnée pour poursuivre des recherches à long terme sur les bassins hydrographiques partout au Canada. Il faudra plus de temps pour recueillir des données adéquates et effectuer les analyses. Les recherches en cours permettront de renforcer les conclusions initiales, tandis que l'ajout de nouveaux sites permettra de combler les lacunes au chapitre des paysages et des données.

Les plans de la prochaine phase de l'EPBH comprennent ce qui suit :

- s'appuyer sur les réussites de l'EPBH en maintenant le régime de surveillance existant, tout en apportant des modifications et des améliorations
- renforcer le réseau national de laboratoires à l'échelle des bassins versants en ajoutant de nouveaux sites, pour combler les lacunes au chapitre des paysages
- donner suite aux problèmes émergents qui touchent les bassins versants, au moyen d'études novatrices qui compléteront les objectifs à plus long terme de l'EPBH

L'EPBH continuera de démontrer qu'une initiative axée sur la collaboration peut accomplir bien plus qu'un travail en vase clos. Comme l'étude se poursuit dans le cadre de *Cultivons l'avenir*, il en résultera une meilleure compréhension des PGB et des processus relatifs aux paysages. Cela se traduira à terme par une eau de meilleure qualité et une gérance agroenvironnementale plus efficace. La réalisation de ces objectifs renforcera la réputation du Canada comme chef de file de l'agriculture durable tout en contribuant à une meilleure qualité de vie pour tous.

Table des matières

Message du sous-ministre i

Remerciements ii

Avant-propos iii

Sommaire général iv

Chapitre 1 : Historique 1

Chapitre 2 : Volet biophysique 15

Chapitre 3 : Volet des facteurs économiques 29

Chapitre 4 : Volet de modélisation hydrologique 43

Chapitre 5 : Volet de modélisation intégrée 55

Chapitre 6 : Conclusions 65

Annexe 1 : Résumés relatifs à chaque bassin hydrographique 77

1.1 Bassin hydrographique de la rivière Salmon (Colombie-Britannique) 80

1.2 Bassin hydrographique de la rivière Lower Little Bow (Alberta) 87

1.3 Bassin hydrographique du ruisseau Tobacco Sud / Steppler (Manitoba) 96

1.4 Bassin hydrographique de la rivière Nation Sud (Ontario) 106

1.5 Bassins hydrographiques de la rivière Bras d'Henri et du ruisseau Fourchette (Québec) 114

1.6 Bassin hydrographique du ruisseau Black (Nouveau-Brunswick) 125

1.7 Bassin hydrographique du ruisseau Thomas (Nouvelle-Écosse) 133

Annexe 2 : Activités de communications de l'EPBH 141

2.1 Exposés/discussions 143

2.2 Articles de revues examinés par les pairs 144

2.3 Articles publiés dans des journaux, des magazines et en ligne 145

2.4 Fiches techniques, communiqués, brochures 146

2.5 Ateliers et réunions 147

2.6 Rapports 148

Annexe 3 : Glossaire et liste des acronymes 149

Glossaire 150

Liste des acronymes 156

Figures

Figure 1 : Carte des sites de l'EPBH (2004/5 - 2007/8) 3

Figure 2 : Comités de l'EPBH 10

Figure 3 : Processus de modélisation de l'EPBH 47

Figure 4 : Applications potentielles des résultats de modélisation de l'EPBH 53

Figure 5 : Cadre de modélisation économique-hydrologique intégrée (Yang et al. 2007) 58

Figure 6 : Carte du bassin hydrographique de la rivière Salmon 80

Figure 7 : Carte du bassin hydrographique de la rivière Lower Little Bow 87

Figure 8 : Carte du bassin hydrographique du ruisseau Tobacco Sud / Steppler 96

Figure 9 : Carte du bassin hydrographique de la rivière Nation Sud 106

Figure 10 : Carte des bassins hydrographiques de la rivière Bras d'Henri et du ruisseau Fourchette 114

Figure 11 : Carte du bassin hydrographique du ruisseau Black 125

Figure 12 : Carte du bassin hydrographique du ruisseau Thomas 133

Tableaux

Tableau 1 : PGB évaluées dans le cadre de l'EPBH par bassin hydrographique (2004/5 - 2007/8) 5

Tableau 2 : Partenaires de l'EPBH par bassin hydrographique (2004/5 - 2007/8) 8

Tableau 3 : Sommaire des activités de communication de l'EPBH (2004/5 - 2007/8) 12

Tableau 4 : Résultats biophysiques de l'EPBH par bassin hydrographique et par PGB (2004/5 - 2007/8) 22

Tableau 5 : Méthodes de recherche économique à la ferme dans le cadre de l'EPBH (2006/7 –2007/8) 33

Tableau 6 : Résultats économiques de l'EPBH par bassin hydrographique et par PGB (2006/7 - 2007/8) 35

Tableau 7 : Utilisation des modèles hydrologiques dans les bassins hydrographiques de l'EPBH (2006/7 - 2007/8) 48

Tableau 8 : Résumé des résultats obtenus dans le bassin hydrographique de la rivière Salmon (2004/5 - 2007/8) 84

Tableau 9 : Résumé des résultats obtenus dans le bassin hydrographique de la rivière Lower Little Bow (2004/5 - 2007/8) 94

Tableau 10 : Résumé des résultats obtenus dans le bassin hydrographique du ruisseau Tobacco Sud (2004/5 - 2007/8) 103

Tableau 11 : Résumé des résultats obtenus dans le bassin hydrographique de la rivière Nation Sud (2004/5 - 2007/8) 112

Tableau 12 : Résumé des résultats obtenus dans les bassins hydrographiques de la rivière Bras d'Henri et du ruisseau Fourchette (2004/5 - 2007/8) 122

Tableau 13 : Résumé des résultats obtenus dans le bassin hydrographique du ruisseau Black (2004/5 - 2007/8) 131

Tableau 14 : Résumé des résultats obtenus dans le bassin hydrographique du ruisseau Thomas (2004/5 - 2007/8) 139

Tableau 15 : Réunions et exposés ayant trait à l'EPBH (2004/5 - 2007/8) 143

Tableau 16 : Articles sur l'EPBH examinés par les pairs (2007/8) 144

Tableau 17 : Diverses publications sur l'EPBH parues dans les médias (2004/5 - 2007/8) 145

Tableau 18 : Produits de communication de l'EPBH (2004/5 - 2007/8) 146

Tableau 19 : Ateliers et réunions de l'EPBH (2004/5 - 2007/8) 147

Tableau 20 : Rapports sur l'EPBH (2003/4 - 2007/8) 148

CHAPITRE 1

Historique

Collaborateurs à la rédaction : Valerie Stuart, Terrie Scott et Lucy Clearwater (AAC)

Introduction

L'objectif de l'agriculture durable est de maintenir la productivité agricole à un niveau élevé tout en préservant la qualité de l'environnement. L'Évaluation des pratiques de gestion bénéfiques à l'échelle des bassins hydrographiques (EPBH) a donc été lancée pour mesurer la performance environnementale et économique de plusieurs pratiques de gestion bénéfiques (PGB) à l'échelle de petits bassins hydrographiques. Dirigée par Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC), qui compte Canards Illimités Canada parmi ses principaux partenaires, la recherche interdisciplinaire novatrice de l'EPBH a été utilisée pour mettre au point de meilleurs outils d'aide à la prise de décisions à l'échelon de la ferme et du paysage, et éventuellement au niveau régional.

Les sous-objectifs de l'EPBH sont les suivants :

- déterminer les effets environnementaux et les coûts et avantages économiques de la mise en oeuvre de PGB sélectionnées (effets individuels et cumulatifs)
- mieux comprendre et communiquer la façon dont les interactions entre les PGB et les écosystèmes agissent sur la qualité de l'eau à l'échelle des petits bassins versants
- élaborer des modèles économiques et hydrologiques intégrés afin d'aider à évaluer l'efficacité des PGB dans d'autres bassins versants
- favoriser les partenariats nationaux et internationaux et la collaboration avec d'autres organismes et disciplines

La principale raison d'être du projet d'EPBH est de valider le rendement des PGB dans un bassin versant. Pendant de nombreuses années, les programmes agroenvironnementaux ont fait la promotion des PGB et les ont généralement traitées comme des pratiques éprouvées. Toutefois, leurs coûts et leurs avantages environnementaux ont rarement été mesurés au-delà d'essais contrôlés dans de petites parcelles et au champ. Peu de PGB ont été évaluées à l'échelle du bassin, où les effets combinés du sol, de la topographie, du couvert végétal et de l'utilisation des terres peut modifier sensiblement les résultats. Les EPBH sont des études menées sur des fermes en exploitation où les réalités opérationnelles ont été prises en considération lors de la conception et de la réalisation des essais sur les PGB.

Bien que les PGB ont été largement publicisées comme pratiques éprouvées, peu ont été évaluées à l'échelle du bassin, où les effets combinés du sol, de la topographie, du couvert végétal et de l'utilisation des terres peut modifier sensiblement les résultats.

Des études économiques et des analyses sont effectuées dans le cadre d'EPBH afin de fournir aux producteurs des estimations crédibles au sujet des coûts et des avantages pour la ferme des pratiques de gestion bénéfiques, afin qu'ils puissent faire des choix éclairés avant d'adopter ces PGB. La connaissance des coûts et des avantages, pour la société, de l'adoption

des PGB, en plus de permettre de mieux apprécier les attitudes des producteurs et les obstacles à l'adoption de ces pratiques, aidera les décideurs à favoriser l'adoption de PGB efficaces.

L'intégration de la modélisation hydrologique et économique dans les EPBH permettra d'appliquer l'information rassemblée au sujet des PGB dans des bassins versants plus étendus, ce qui facilitera l'élaboration et l'évaluation de politiques à l'échelon régional.

L'EPBH vise à soutenir l'industrie agricole au Canada en contribuant à la masse de connaissances concernant les PGB. Les études menées dans le cadre de l'EPBH conduiront à une meilleure compréhension de la fonction et de l'interaction du paysage dans les sept bassins versants étudiés, et permettront de franchir un pas de plus vers l'obtention d'une eau de qualité et d'un portrait plus net de la valeur des PGB pour l'agriculture et l'environnement. Les résultats de l'EPBH aideront à mettre au point des outils qui seront mis au service des producteurs et des autres gestionnaires de l'utilisation des terres et aideront le gouvernement à élaborer des politiques et des programmes qui encouragent et soutiennent la mise en oeuvre de PGB efficaces. Les méthodes et les conclusions de l'étude seront applicables aux bassins plus étendus et contribueront à une meilleure qualité de vie pour les Canadiens.

Photo : B. Turner, Deerwood Soil and Water Management Association

Durant la première année du projet, on s'est concentré sur la mise en œuvre des PGB et sur l'installation de matériel de surveillance.

Figure 1 : Carte des sites de l'EPBH (2004/5 - 2007/8)

Les quatre premières années de l'EPBH

Le projet d'EPBH était une des initiatives lancées dans le volet Environnement du *Cadre stratégique pour l'agriculture* (CSA)[1], un accord fédéral-provincial-territorial en vigueur de 2003 à 2008 qui visait à positionner le Canada comme chef de file mondial en matière de salubrité et de qualité des aliments, de production respectueuse de l'environnement et d'innovation dans ses produits. Les priorités du volet Environnement comprenaient ce qui suit : la qualité de l'air, de l'eau et du sol et l'interaction entre la biodiversité et l'agriculture. Dans le volet de l'Environnement, l'accent était mis sur l'utilisation et la promotion d'approches facultatives pour soutenir une agriculture écologiquement durable.

L'EPBH a été conçue en 2003 pour soutenir l'engagement d'AAC à l'égard de l'environnement et renforcer sa compréhension du rendement des PGB afin de mieux informer les producteurs et les décideurs.

En décembre 2003, après de longues discussions au sein d'un comité interne, la révision du concept proposé et des évaluations internes et externes, un appel de propositions a été lancé au sein d'AAC pour la réalisation d'études des PGB dans les bassins versants. Un groupe consultatif a évalué et classé les propositions selon des critères de sélection des sites qui tenaient compte des points suivants :

- la grandeur et l'emplacement du bassin, un accès par tous les temps au site et la situation du petit bassin par rapport au bassin hydrographique régional
- la possibilité d'une collaboration de recherche à long terme et la disponibilité de données à long terme sur le débit et la qualité de l'eau
- l'intensité de l'exploitation agricole et le mode d'utilisation des terres dans le

[1] Les autres volets du CSA (également appelés piliers) étaient les suivants : Salubrité et qualité des aliments, Science et innovation, Renouveau, et Gestion des risques de l'entreprise. De l'information supplémentaire sur le CSA est fournie à l'adresse suivante : http://www4.agr.gc.ca/AAFC-AAC/display-afficher.do?id=1173969168670&lang=fra

bassin hydrographique, et le débit et la régularité des eaux de ruissellement
- le degré d'intérêt et d'appui de la part des agriculteurs et de la communauté établie dans le bassin versant
- la capacité à évaluer l'effet des PGB

Sept des 13 propositions soumises ont été retenues. Les sept bassins versants de l'EPBH, situés dans différentes régions du Canada (figure 1), présentaient chacun un assortiment unique de caractéristiques agroenvironnementales. Depuis le début du projet, des équipes de recherches multidisciplinaires, comprenant des experts en biophysique, en hydrologie et en économie provenant d'AAC, des universités et d'autres organisations ont été constituées pour chaque bassin versant de l'étude.

Au cours de l'année de démarrage du projet (2004-2005)[2], les efforts ont porté sur la planification et la conception des expériences biophysiques destinées à évaluer l'efficacité environnementale des PGB. L'équipement de surveillance a été acheté et installé et des données de base supplémentaires ont été recueillies avant l'application des PGB. Des partenariats ont été établis avec les groupes de conservation et les universités pour mettre en œuvre les PGB, faire le suivi des bassins versants et analyser la qualité de l'eau. Dans les sites pour lesquels il existait déjà une masse de données de base, les PGB ont été mises en œuvre au cours de cette première année. Pour d'autres, la mise en œuvre a été retardée afin de collecter les données de référence requises pour réaliser une analyse efficace des effets des PGB.

En 2005-2006, d'autres PGB ont été mises en œuvre, la surveillance s'est poursuivie et la conception des projets a été modifiée pour renforcer et améliorer les expériences. Une fois que tous les sites ont été mis en place, les composantes économiques, hydrologiques et de modélisation intégrée ont été lancées et des partenariats ont été créés pour mener à bien les travaux dans ces domaines.

Dès la troisième année (2006-2007), la plupart des PGB ont été pleinement mises en œuvre, le suivi des différents paramètres sur la qualité de l'eau était en cours, et les composantes économiques et de modélisation ont été appliquées. Des ententes de contribution ont été mises en place pour le volet économique, la modélisation et les autres travaux relatifs aux PGB. Un économiste et un spécialiste de la modélisation ont été désignés pour chaque bassin versant. Des comités ont été constitués pour se pencher sur le volet économique et le volet de modélisation.

Au dernier exercice du projet au titre du mandat du CSA (2007-2008), de l'information biophysique avait été recueillie sur une période de deux à trois ans pour chacune des PGB mises en oeuvre dans les sites à l'étude. Des évaluations économiques ont été entreprises et les travaux de modélisation hydrologique étaient en cours dans chaque bassin versant de l'EPBH.

Stratégie d'évaluation des PGB

Aux fins de la présente étude, une PGB se définit comme une méthode agricole fondée sur des données scientifiques et conçue pour aider à réduire les effets potentiels sur la qualité de l'eau, par exemple le ruissellement des sédiments et des nutriments vers les plans d'eau, et sur d'autres paramètres environnementaux connexes.

L'équipe de l'EPBH a appliqué une série de PGB dans les sept sites (tableau 1) et étudie leurs incidences environnementales et économiques à l'échelle de bassins versants de faible étendue (de 300 à 2 500 hectares environ). Le choix des PGB évaluées dans les essais tient compte des conditions particulières de chaque bassin hydrographique. Pour cette raison, les PGB retenues à un bassin donné ne

[2] Du 1er avril 2004 au 31 mars 2005, conformément au calendrier de l'exercice financier du gouvernement du Canada.

Tableau 1 : PGB évaluées dans le cadre de l'EPBH par bassin hydrographique (2004/5 - 2007/8)

	PGB évaluées*	Rivière Salmon	Rivière Lower Little Bow	Ruisseau Tobacco Sud / Steppler	Rivière Nation Sud	Bras d'Henri / Fourchette	Ruisseau Black	Ruisseau Thomas
Zone riveraine	Clôture d'exclusion pour les bovins (et abreuvement à l'écart des cours d'eau)	✓	✓		✓			✓
	Abreuvement à l'écart des cours d'eau (sans clôture)		✓					
	Pâturage contre récolte mécanique			✓				
Champs	Gestion du fumier		✓			✓		✓
	Travail de conservation et travail classique du sol			✓				
	Rotation des cultures					✓		
	Couvert végétale permanente		✓	✓				
	Utilisation réduite d'herbicides					✓		
Ruissellement	Déviation et voies d'eau gazonnées						✓	
	Détournement d'eaux pluviales (ruissellement autour de la ferme)							✓
	Bassin de retenue (pour le purin)			✓				
	Petits réservoirs			✓				
	Bandes tampons		✓				✓	
	Suite de mesures de contrôle du ruissellement de surface					✓		
Drainage	Drainage contrôle par canalisations				✓			

*L'EPBH n'est pas un test des effets de PGB individuelles sur différents bassins hydrographiques aux conditions différentes**

* *Il est important de souligner que la comparaison des effets de PGB individuelles sur de multiples bassins hydrographiques et/ou l'évaluation d'une PGB quelconque sur un large éventail de bassins hydrographiques aux conditions différentes dépasse la portée initiale de l'EPBH.*

Tableau 1 : PGB évaluées dans le cadre de l'EPBH par bassin hydrographique (2004/5 - 2007/8)

	PGB évaluées	Rivière Salmon	Rivière Lower Little Bow	Ruisseau Tobacco Sud / Steppler	Rivière Nation Sud	Bras d'Henri / Fourchette	Ruisseau Black	Ruisseau Thomas
Zone riveraine	Clôture d'exclusion pour les bovins (et abreuvement à l'écart des cours d'eau)	✓	✓		✓			✓
	Abreuvement à l'écart des cours d'eau (sans clôture)		✓					
	Pâturage contre récolte mécanique			✓				
Champs	Gestion du fumier		✓			✓		✓
	Travail de conservation et travail classique du sol			✓				
	Rotation des cultures					✓		
	Couvert végétale permanente		✓	✓				
	Utilisation réduite d'herbicides					✓		
Ruissellement	Déviation et voies d'eau gazonnées						✓	
	Détournement d'eaux pluviales (ruissellement autour de la ferme)							✓
	Bassin de retenue (pour le purin)			✓				
	Petits réservoirs			✓				
	Bandes tampons		✓				✓	
	Suite de mesures de contrôle du ruissellement de surface					✓		
Drainage	Drainage contrôlé par canalisations				✓			

L'EPBH n'est pas un test des effets de PGB individuelles sur différents bassins hydrographiques aux conditions différentes"

Le principal centre d'intérêt de l'EPBH était la qualité de l'eau, et ce, même si d'autres paramètres environnementaux — comme l'état des zones riveraines — ont été pris en considération dans de nombreux sites.

correspondent pas nécessairement aux pratiques mises en œuvre dans les autres bassins hydrographiques visés par l'EPBH.

Toutes les PGB sauf une figuraient sur la liste des pratiques approuvées à l'échelle nationale par AAC et par le groupe de travail national des PGB. La pratique du drainage contrôlé par canalisations a été ajoutée à l'EPBH pour donner suite à une préoccupation locale pressante et parce que l'équipe a reconnu que l'assortiment de pratiques approuvé pourrait changer avec le temps.

À chacun des sept sites à travers le Canada, l'EPBH comprend quatre grands volets :

- Les *évaluations biophysiques* mesurent les répercussions d'une ou de plusieurs PGB sur la qualité de l'eau et sur d'autres agents environnementaux à l'échelle du bassin hydrographique.
- *Les évaluations économiques* déterminent les coûts et les bénéfices potentiels à la ferme de la mise en œuvre des PGB et permettent d'étudier les retombées de ces PGB au-delà de la ferme.
- *La modélisation hydrologique* aide à mieux comprendre les interactions avec le paysage au sein des bassins hydrographiques et à voir comment les PGB peuvent influencer ces interactions ou en subir l'influence. Elle peut également servir à extrapoler l'information sur les effets des PGB à un bassin hydrographique plus étendu, d'où la possibilité d'obtenir une perspective régionale au sujet des problèmes touchant les bassins versants.

À deux des sites étudiés, la *modélisation intégrée* réunit des aspects hydrologiques, économiques et autres en un outil d'aide à la prise de décisions qui facilite la planification à long terme des mesures appliquées au bassin hydrographique.

L'EPBH porte avant tout sur la qualité de l'eau, un indicateur relativement fiable d'autres incidences environnementales, par exemple l'état du sol, la qualité de l'air ou la biodiversité. Toutefois, dans bien des cas, nous avons également examiné d'autres paramètres environnementaux tels que l'état du sol ou des zones riveraines et la composition des populations d'invertébrés aquatiques.

En général, on connaît bien les conditions passées et les tendances de chacun des sept sites de l'EPBH, grâce aux activités menées antérieurement et aux données recueillies par les associations locales de protection du bassin versant ou par des équipes multipartites. Idéalement, on continuera d'utiliser ces sites comme référence à long terme à des fins de surveillance et d'évaluation de la santé des bassins hydrographiques.

Ressources affectées au projet

Le Programme de couverture végétale du Canada d'AAC était la principale source de financement du projet au cours des quatre premières années de l'EPBH. Les contributions monétaires accordées au titre du CSA ont totalisé 6,51 millions de dollars. AAC a également fourni près de 5,6 millions de dollars en nature sous forme de ressources humaines et de services de laboratoire.

Canards Illimités Canada, le principal partenaire financier d'AAC dans le projet, a versé 1,25 million de dollars. Les autres organisations partenaires ont versé 3 millions de dollars en nature (temps de travail, équipement) et en argent au projet.

Avec le financement de base et les contributions en argent et en nature, la valeur totale du projet a dépassé 16 millions de dollars pendant la période couverte par le CSA.

Collaboration interorganisationnelle et internationale

L'EPBH est un projet multidisciplinaire auquel travaillent des experts en recherche agricole, biophysique et hydrographique; en économie, en hydrologie et en modélisation. Plus de 40 organisations, notamment des universités et des collèges, des groupes de conservation et d'autres organisations non gouvernementales, des administrations provinciales et municipales, AAC et d'autres ministères fédéraux apportent aussi leur expertise. Certaines de ces organisations travaillent dans plus d'un site.

Le tableau 2 indique les partenaires de l'EPBH par bassin versant, dont ceux qui ont un accord de contribution avec AAC ainsi que d'autres collaborateurs. Le projet se démarque notamment par la diversité des compétences réunies dans le cadre de ces partenariats.

Dans chacun des bassins hydrographiques, la collaboration de recherche est encouragée, pourvu qu'elle tende vers l'atteinte des objectifs généraux du projet. Les initiatives et programmes suivants sont des exemples de travaux auxquels des instances nationales et internationales ont collaboré au cours des quatre dernières années :

- **Environnement Canada : Initiative nationale d'élaboration de normes agroenvironnementales (INENA)**[3] – Dans le domaine thématique de l'eau, des études sur les agents pathogènes ont été menées dans les bassins de la rivière Lower Little Bow, de la rivière Nation Sud et du Bras d'Henri. Des échantillons d'eau ont aussi été prélevés

[3] Pour plus d'information sur l'INENA, voir http://www.ec.gc.ca/envirozine/default.asp?lang=Fr&n=906B369D-1 ou http://www.ec.gc.ca/publications/index.cfm?screen=PubDetail&PubID=944&lang=f

Tableau 2 : Partenaires de l'EPBH par bassin hydrographique (2004/5 - 2007/8)

Bassin hydrographique	Partenaires ayant une entente de contribution avec AAC	Autres partenaires
Rivière Salmon	• University of Victoria (analyse de l'eau et modélisation) • Salmon River Watershed Roundtable (PGB)	• Environnement Canada • BC Ministry of Agriculture and Lands • BC Ministry of Environment • Okanagan College (Salmon Arm Campus) • British Columbia Cattlemen's Association
Rivière Lower Little Bow	• County of Lethbridge (PGB)	• Environnement Canada • Pêches et Océans Canada • Santé Canada • Agence de la santé publique du Canada • Alberta Agriculture and Rural Development • University of Alberta
Ruisseau Tobacco Sud / Steppler	• Deerwood Soil and Water Management Association (PGB) • University of Guelph (modélisation hydrologique et intégrée) • University of Alberta (modélisation du comportement des fermes)	• Environnement Canada • Pêches et Océans Canada • Gestion des ressources hydriques du Manitoba • Agriculture, Alimentation et Initiatives rurales du Manitoba • Université du Manitoba
Rivière Nation Sud	• Conservation de la Nation Sud (PGB)	• Environnement Canada • Santé Canada • Agence de la santé publique du Canada • Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario • Université d'Ottawa • Institut national de la recherche agronomique (INRA) • Université de Bourgogne, France • University of Calgary • University of Alberta • Swedish University of Agricultural Sciences • Agri-Drain USA
Bras d'Henri / Fourchette	• Institut de recherche et de développement en agroenvironnement - IRDA (PGB) • Club de fertilisation de la Beauce (CFB) (PGB) • Université McGill (facteurs économiques) • Université Laval (facteurs économiques) • Institut national de la recherche scientifique (INRS) (modélisation hydrologique et intégrée)	• Environnement Canada • Commission géologique du Canada (Ressources naturelles Canada) • Agence spatiale canadienne • Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) • Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (MDDEP)
Ruisseau Black	• Université du Nouveau-Brunswick (analyse d'échantillons d'eau) • Centre de conservation des sols et de l'eau de l'Est du Canada (PGB)	• Pêches et Océans Canada • Ministère de l'Agriculture et de l'Aquaculture du Nouveau-Brunswick • Ministère de l'environnement du Nouveau-Brunswick • Ministère de l'Agriculture des É.-U. (USDA) • Pommes de terre Nouveau-Brunswick
Ruisseau Thomas	• Collège d'agriculture de la Nouvelle-Écosse (PGB) • Nova Scotia Federation of Agriculture (liaison avec les producteurs)	• Commission géologique du Canada (Ressources naturelles Canada) • Ministère de l'Agriculture de la Nouvelle-Écosse • Dalhousie University • Applied Geomatics Research Group of the Centre of Geographic Sciences

Tableau 2 : Partenaires de l'EPBH par bassin hydrographique (2004/5 - 2007/8)

Bassin hydrographique	Partenaires ayant une entente de contribution avec AAC	Autres partenaires
Rivière Salmon	• University of Victoria (analyse de l'eau et modélisation) • Salmon River Watershed Roundtable (PGB)	• Environnement Canada • BC Ministry of Agriculture and Lands • BC Ministry of Environment • Okanagan College (Salmon Arm Campus) • British Columbia Cattlemen's Association
Rivière Lower Little Bow	• County of Lethbridge (PGB)	• Environnement Canada • Pêches et Océans Canada • Santé Canada • Agence de la santé publique du Canada • Alberta Agriculture and Rural Development • University of Alberta
Ruisseau Tobacco Sud / Steppler	• Deerwood Soil and Water Management Association (PGB) • University of Guelph (modélisation hydrologique et intégrée) • University of Alberta (modélisation du comportement des fermes)	• Environnement Canada • Pêches et Océans Canada • Gestion des ressources hydriques du Manitoba • Agriculture, Alimentation et Initiatives rurales du Manitoba • Université du Manitoba
Rivière Nation Sud	• Conservation de la Nation Sud (PGB)	• Environnement Canada • Santé Canada • Agence de la santé publique du Canada • Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario • Université d'Ottawa • Institut national de la recherche agronomique (INRA) • Université de Bourgogne, France • University of Calgary • University of Alberta • Swedish University of Agricultural Sciences • Agri-Drain USA
Bras d'Henri / Fourchette	• Institut de recherche et de développement en agroenvironnement - IRDA (PGB) • Club de fertilisation de la Beauce (CFB) (PGB) • Université McGill (facteurs économiques) • Université Laval (facteurs économiques) • Institut national de la recherche scientifique (INRS) (modélisation hydrologique et intégrée)	• Environnement Canada • Commission géologique du Canada (Ressources naturelles Canada) • Agence spatiale canadienne • Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) • Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (MDDEP)
Ruisseau Black	• Université du Nouveau-Brunswick (analyse d'échantillons d'eau) • Centre de conservation des sols et de l'eau de l'Est du Canada (PGB)	• Pêches et Océans Canada • Ministère de l'Agriculture et de l'Aquaculture du Nouveau-Brunswick • Ministère de l'environnement du Nouveau-Brunswick • Ministère de l'Agriculture des É.-U. (USDA) • Pommes de terre Nouveau-Brunswick
Ruisseau Thomas	• Collège d'agriculture de la Nouvelle-Écosse (PGB) • Nova Scotia Federation of Agriculture (liaison avec les producteurs)	• Commission géologique du Canada (Ressources naturelles Canada) • Ministère de l'Agriculture de la Nouvelle-Écosse • Dalhousie University • Applied Geomatics Research Group of the Centre of Geographic Sciences

pour analyser la teneur en nutriments et en sédiments dans le ruisseau Tobacco Sud, la rivière Nation Sud et le ruisseau Black. Dans le domaine thématique des pesticides, des échantillons d'eau ont été prélevés dans les bassins de la rivière Salmon, de la rivière Nation Sud et du Bras d'Henri.

- **AAC : Programme national d'analyse et de rapport en matière de santé agro-environnementale (PNARSA)**[4] – Les équipes de l'EPBH et du PNARSA ont collaboré pour raffiner leurs approches respectives de modélisation intégrée et d'évaluation économique. Les discussions se poursuivent sur le potentiel d'utilisation des sites hautement instrumentés afin d'aider à valider les indicateurs agroenvironnementaux du PNARSA.
- **Santé Canada / Environnement Canada / AAC : Programme national de surveillance de la qualité de l'eau**[5] – Les travaux entrepris dans le cadre de cette initiative (également dénommée Dépistage des sources de pollution microbienne ou DSPM), ont eu lieu dans les trois bassins versants (ruisseau Black, rivière Nation Sud et rivière Oldman en Alberta), lesquels comprennent les plus petits sites de l'EPBH. Les résultats de cette étude ont permis de préciser l'effet potentiel de la réduction de la charge microbienne dans les effluents agricoles sur la qualité de l'eau (en modifiant la régie des bovins dans les zones riveraines, par exemple).
- **USDA : Conservation Effects Assessment Project (CEAP)**[6] – Plusieurs des objectifs du CEAP se rapprochent de ceux de l'EPBH. Les approches ont été adoptées sans consultation des deux côtés de la frontière, et du point de vue d'AAC et de l'USDA, leurs différences font qu'elles se complètent bien. Les équipes des deux projets collaborent en se consultant sur leurs approches et en partageant leurs résultats.

Le Programme national de surveillance de la qualité de l'eau est le fruit de la collaboration entre AAC, Environnement Canada et Santé Canada. L'échantillonnage de la qualité de l'eau effectué dans le cadre de cette initiative a été réalisé dans trois bassins hydrographiques visés par l'EPBH.

Structure de gestion

La gestion courante de l'EPBH relève d'un **directeur de projet** et d'une équipe de gestion de projet. Un **comité de gestion** fournit de temps à autres des directives de gestion de haut niveau et de l'aide aux décisions. Ce comité comprend des gens d'AAC et de l'extérieur. Le **Comité technique national**, auquel siègent les **responsables** de chaque bassin versant, les présidents de sous-comités et d'autres personnes intéressées dans l'EPBH, se réunit mensuellement pour discuter des progrès et des problèmes liés au déroulement du projet. Le **Comité directeur national**, qui est un sous-ensemble du Comité technique national, se réunit selon les besoins pour prendre et documenter les décisions essentielles au sujet du projet. À

[4] Pour plus d'information sur le PNARSA, voir http://www4.agr.gc.ca/AAFC-AAC/display-afficher.do?id=1181580464260&lang=fra

[5] Pour plus d'information sur le DSPM, voir « Dépistage des sources de pollution microbienne dans les écosystèmes aquatiques : état de la science et évaluation des besoins » http://www.ec.gc.ca/inre-nwri/default.asp?lang=Fr&n=D575CDF5-1

[6] Pour plus d'information sur le CEAP, voir http://www.nrcs.usda.gov/TECHNICAL/NRI/ceap/

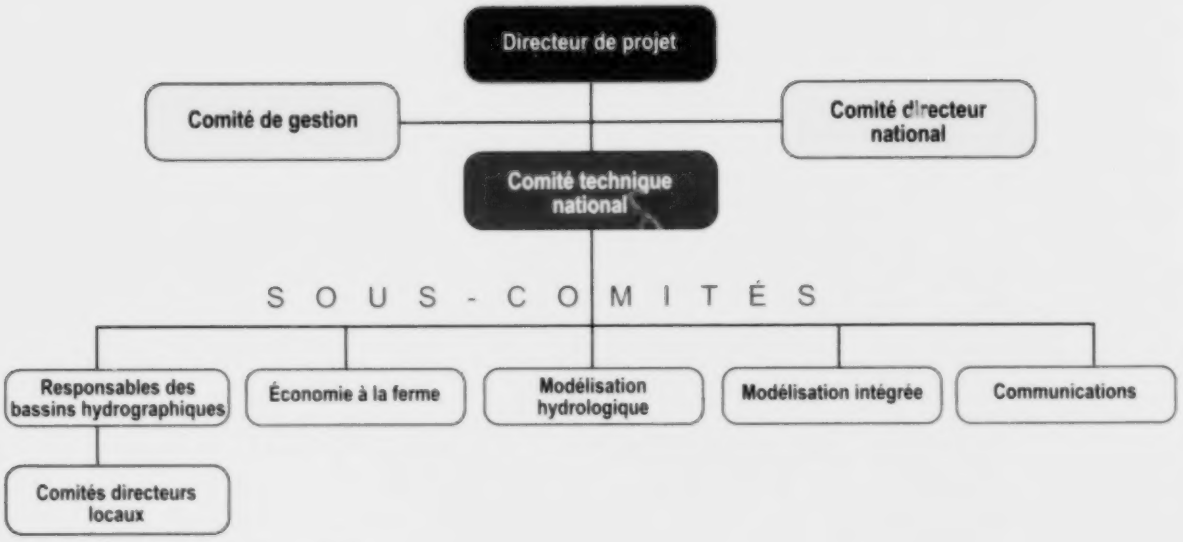


Figure 2 : Comités de l'EPBH

chaque site de bassin versant, un **comité directeur local**, dirigé par le responsable du site, fournit une orientation et de l'expertise (voir la figure 2).

Les comités et les sous-comités de l'EPBH ont accès à un vaste bassin de ressources à AAC et chez les partenaires du projet, et se réunissent régulièrement pour faire le point sur le déroulement des travaux et planifier les étapes futures.

Gestion des données

Une approche utilisant des métadonnées a été employée pour suivre, gérer et partager les données recueillies dans le cadre de l'EPBH. Les métadonnées sont des « données sur d'autres données » et constituent un moyen de décrire les données qui ont été recueillies et analysées sans compromettre leur sécurité et leur confidentialité.

La publicité et la publication des métadonnées informent les autres personnes sur les recherches menées dans un endroit particulier et dans un domaine précis. On peut ainsi éviter le dédoublement de collecte de données, promouvoir les possibilités de collaboration en matière de recherche et fournir des lignes directrices sur la collecte de données pour les projets de l'EPBH.

D'autres renseignements sur la collecte de métadonnées dans le cadre de l'EPBH sont fournis dans le Résumé technique n° 2 : Volet économique (2004/5 - 2007/8). Pour obtenir ce document, veuillez envoyer un courriel à epbh@agr.gc.ca.

Communications

Les objectifs des communications de l'EPBH étaient les suivants :

- garder le personnel d'AAC, la communauté scientifique et d'autres ministères fédéraux et provinciaux au courant de l'initiative
- renseigner les producteurs locaux et les associations de protection des bassins hydrographiques sur l'EPBH et ses conclusions
- s'assurer que la population canadienne et les contacts internationaux sont au fait des travaux menés par AAC, grâce à l'EPBH, pour étudier l'incidence environnementale et économique des pratiques de gestion bénéfiques

Un éventail de techniques et de produits de communication a été utilisé pour

renseigner les personnes participant au projet et le public au sujet de l'avancement et des constatations du projet. Le tableau 3 donne quelques exemples des produits de communication utilisés à ce jour. Une liste plus complète est fournie dans l'annexe 2. Pour plus d'information sur les publications et les présentations au sujet de l'EPBH, veuillez consulter la page Web www.agr.gc.ca/epbh.

En outre, des visites sont organisées tout au long de l'année aux sites de l'EPBH, à l'intention des groupes intéressés, et une journée champêtre est organisée une fois par année à chaque site, en été ou à l'automne. Enfin, un atelier technique a lieu à la fin de chaque exercice financier pour permettre aux chercheurs de l'EPBH, à leurs partenaires et aux autres parties intéressées, de discuter de l'avancement du projet, des problèmes et des plans pour l'avenir.

Leçons opérationnelles retenues

L'EPBH est une façon novatrice d'aborder l'évaluation des PGB. En effet, il s'agit d'un des premiers projets du genre au Canada à étudier l'impact environnemental et économique des PGB à l'échelle des bassins versants. Ainsi, la première phase de l'EPBH (2004/5 - 2007/8) a permis de surmonter plusieurs défis et a simultanément révélé les possibilités de tirer des enseignements qui s'avéreront utiles dans les phases futures du projet.

Ces difficultés et possibilités ont trait aux points suivants :

- *Accès en temps opportun aux ressources* – il s'agit d'assembler le personnel et les protocoles de processus appropriés, d'obtenir les accords de financement et de prendre des dispositions pour éviter les retards dans les projets.
- *Ententes de partenariat* – il s'agit de développer des liens étroits avec les producteurs, les associations de conservation des bassins versants, les organismes de recherche et les chercheurs.
- *Des attentes réalistes* – il s'agit de préciser que, bien que le projet d'EPBH soit ambitieux, on ne peut s'attendre à ce qu'il permette de répondre à toutes les questions liées à l'efficacité des PGB.

Les visites de bassins hydrographiques et autres activités de diffusion font partie intégrante de l'approche des communications de l'EPBH.

Tableau 3 : Sommaire des activités de communication de l'EPBH* (2004/5 - 2007/8)

Ateliers et conférences	Les chercheurs de l'EPBH ont présenté leurs constatations à quelque 80 ateliers, conférences et réunions tenus par des organisations telles : • Association canadienne des ressources hydriques • Réseau d'évaluation et de surveillance écologiques • Soil and Water Conservation Society • Société canadienne d'agroéconomie • CEAP (USDA)
Revues examinées par des pairs	De plus en plus de résultats des recherches menées dans le cadre de l'EPBH sont publiés dans des revues telles : • Journal of Soil and Water Conservation • Revue canadienne de la science du sol • Applied and Environmental Microbiology • Hydrology and Earth System Sciences
Médias externes	Des articles sur les projets de l'EPBH ont été publiés dans des revues et journaux tels : • Winnipeg Free Press • Le Conservationniste de Canards Illimités • Western Producer • Farm Focus of Atlantic Canada • Agri-News.com
Publications sur l'EPBH	Nombre de publications et d'outils se rapportent aux EPBH, notamment les suivants : • Fiches d'information (fournissent une description générale du projet et des précisions sur chaque site) • Brochures sur les bassins hydrographiques (décrivent les PGB et les méthodes de recherche à chaque site) • Site Web (fournit de l'information générale sur le projet et des renseignements spécifiques sur les sites, des liens vers les partenaires et une liste de publications) • Rapports d'étape et annuels (servent à rassembler et à diffuser les conclusions du projet parmi les parties prenantes et les parties intéressées)

**Voir Annexe 2 pour une liste plus complète de ces produits et activités.*

On a besoin de plus de temps pour poursuivre la collecte et l'analyse de données sur les sites existants afin de consolider les résultats initiaux.

Principales réalisations de l'EPBH

L'une des grandes réalisations de l'EPBH réside dans la création d'un réseau de laboratoires spécialisés en agriculture et opérant à l'échelon des bassins versants à travers le Canada, et qui sont maintenant disponibles pour les recherches courantes et à venir. Parmi les autres réalisations dignes de mention figurent les suivantes :

- *La recherche à l'échelle des bassins versants* - L'EPBH permet d'intensifier l'étude des pratiques de gestion agricole dans le paysage, plutôt que de mettre l'accent sur les essais classiques menés sur des petites parcelles dans un cadre contrôlé.
- *L'analyse environnementale et économique* – L'EPBH intègre à la fois l'analyse environnementale et l'analyse économique de l'efficacité des PGB.
- *Communauté de pratique* – L'EPBH rassemble un large éventail d'experts provenant de divers organismes gouvernementaux, du milieu universitaire, des associations de conservation et des groupes de producteurs.
- *Démultiplication des ressources* – L'équipe de l'EPBH continue d'attirer d'importantes ressources supplémentaires en fournissant un point de ralliement pour les partenariats, ce qui a permis d'augmenter la capacité de réaliser des recherches appliquées de haute qualité.
- *Liens avec l'USDA* – L'équipe de l'EPBH collabore étroitement avec l'équipe du Conservation Effects Assessment Project (CEAP) dirigé par le ministère de l'Agriculture des États-Unis (USDA) en échangeant des idées et de l'expertise technique au sujet des bassins hydrographiques, en vue d'atteindre leurs objectifs respectifs.

- *Éviter les dédoublements* – il s'agit de se tenir au fait des autres initiatives et études, et de comprendre leur rapport avec l'EPBH, compte tenu de l'intérêt croissant suscité par l'étude des PGB et des bassins versants.

Constatations préliminaires

L'EPBH a permis de faire d'importants progrès dans la compréhension du rendement de pratiques précises dans les bassins versants où ces pratiques ont été essayées. Ce travail fournit une base de départ pour mieux apprécier l'applicabilité générale de ces PGB dans un contexte régional précis. L'équipe de l'EPBH a également recueilli de précieux renseignements sur les aspects économiques, à la ferme et au-delà, de l'adoption des PGB. Des progrès ont été réalisés dans la validation des modèles hydrologiques à partir des résultats des essais sur le terrain des PGB. Ces réalisations fournissent un fondement scientifique solide pour l'application de ces modèles à d'autres PGB et à d'autres paysages, et permettront à terme de faire des comparaisons entre de plus vastes écosystèmes. Enfin, l'équipe de l'EPBH a commencé à intégrer les résultats biophysiques et économiques de manière à permettre l'interprétation et l'application des conclusions de l'étude à des fins de planification plus étendues. Bien qu'il reste beaucoup à faire, les premières étapes franchies sont encourageantes.

Bassin hydrographique de la rivière Salmon (C.-B.)

L'avenir de l'EPBH

Les sites de l'EPBH implantés au printemps 2004 ont permis de réaliser cinq années de recherche (quatre ans aux termes du CSA et une année de financement de continuité) avant le lancement de *Cultivons l'avenir* en 2009. Toutefois, cinq années de recherche ne donnent pas automatiquement cinq années de données sur les PGB, à cause du temps nécessaire dans bien des cas pour mettre en place les programmes de surveillance, recueillir les données repères, mettre en œuvre les PGB, puis élaborer et adapter les méthodes d'analyse et entreprendre les études connexes. Par conséquent, à la fin de la première phase de l'EPBH, on n'avait recueilli que deux à trois années de données depuis l'adoption des PGB.

Pour que l'EPBH fournisse des réponses scientifiques plus fiables aux questions sur la gestion des terres, il faudra évidemment prévoir du temps supplémentaire pour poursuivre la collecte de données aux sites existants et établir une meilleure corrélation entre les résultats de surveillance et les analyses hydrologiques et économiques. Les travaux de recherche supplémentaires réalisés dans le cadre de l'EPBH renforceront les conclusions initiales, et l'ajout éventuel de nouveaux sites dans des bassins versants permettra d'élargir le champ d'évaluation des PGB de manière à inclure des paysages, des conditions climatiques et des sols différents. L'EPBH est bien positionnée pour poursuivre les recherches à long terme sur les bassins versants, maintenant que l'infrastructure nécessaire existe et que les ensembles de données et les partenariats sont établis dans tout le Canada.

Les produits de communication issus de la recherche donneront aux producteurs, aux décideurs et au grand public une meilleure compréhension des facteurs qui déterminent le rendement des PGB. Ces produits aideront à éclairer les décisions concernant l'application des meilleures pratiques de gestion les mieux adaptées à des paysages donnés.

Bien que le financement des quatre premières années de l'EPBH ait pris fin en mars 2008, les recherches menées dans les sept premiers sites se sont poursuivies tout au long de l'exercice 2008-2009. Le financement requis pour poursuivre l'EPBH jusqu'en 2013 et élargir son champ d'action a été approuvé aux termes du cadre stratégique *Cultivons l'avenir* d'AAC.

Les plans de la prochaine phase de l'EPBH comprennent ce qui suit :

- s'appuyer sur les réussites de l'EPBH en maintenant le régime de surveillance existant, tout en intégrant des modifications et des améliorations
- renforcer le réseau national de laboratoires à l'échelle des bassins versants en ajoutant de nouveaux sites pour combler les lacunes au chapitre des paysages
- donner suite aux problèmes émergents qui affectent les bassins versants au moyen d'études novatrices qui complètent les objectifs à plus long terme de l'EPBH

CHAPITRE 2

Volet biophysique

Collaborateurs à la rédaction : Responsables des bassins hydrographiques : Klaas Broersma (rivière Salmon), Jim Miller (rivière Lower Little Bow), Jim Yarotski (ruisseau Tobacco Sud), David Lapen (rivière Nation Sud), Eric van Bochove (Bras d'Henri / Fourchette), Lien Chow (ruisseau Black) et Dale Hebb (ruisseau Thomas)

SOMMAIRE

Les chercheurs en biophysique de l'EPBH ont fait appel à différentes méthodes scientifiques pour mesurer l'effet des PGB sur la qualité ainsi que d'autres paramètres environnementaux. Entre autres méthodes types de comparaisons scientifiques, mentionnons l'analyse comparative historique, le jumelage des bassins hydrographiques et les analyse en bordure de champ.

Plus de la moitié des essais de PGB réalisés indiquent qu'il est possible de réduire la charge de contaminants dans les eaux de surface. Toutefois, dans bien des cas, on a pas encore quantifié le degré d'efficacité des pratiques. Certains résultats sont mitigés : des paramètres environnementaux s'améliorent tandis que d'autres restent peu concluants, voire se détériorent. De plus, des améliorations à un paramètre peuvent se faire au détriment d'un autre.

Bien qu'il arrive souvent que la contribution en bordure de champ d'une PGB soit évidente, l'effet cumulé de plusieurs PGB peut être difficile à déceler en aval. On en a beaucoup appris sur l'effet des interactions du paysage et des processus sur le rendement des PGB. L'EPBH n'avait pas pour but de comparer directement l'effet initial d'une PGB dans différents bassins versants, mais quelques comparaisons préliminaires ont été effectuées. Les sommaires sur chaque bassin versant (annexe 1) présentent d'autres résultats biophysiques de l'EPBH.

Introduction

Dans le volet biophysique de l'EPBH, les chercheurs ont mesuré l'incidence des PGB (isolément ou en groupe) sur la qualité de l'eau et les autres paramètres environnementaux à l'échelle de bassins hydrographiques relativement peu étendus (entre 300 et 2 500 hectares). Les bassins hydrographiques évalués sont situés au milieu de bassins versants plus étendus (environ 2000-5000 hectares), où les variables du paysage doivent être suffisamment bien comprises pour faciliter l'extrapolation à une échelle supérieure.

Les PGB évaluées ont été conçues pour résoudre des problèmes locaux et pour refléter l'intensité de la production agricole et des pratiques d'utilisation des terres dans la région. Les recherches entreprises dans le cadre de l'EPBH n'étaient jamais destinées à comparer les effets des PGB isolément dans un large éventail de conditions de paysage, ni dans un bassin versant donné, ni d'un bassin à l'autre. Cela constituerait un tout autre type d'expérience qui nécessiterait une intensité d'analyse de chacune des PGB

On a veillé à intégrer des évaluations au champ dans toutes les études, de façon à obtenir des résultats scientifiquement valides et publiables dans les ouvrages spécialisés.

qui s'éloigne des objectifs de l'EPBH. Par exemple, une évaluation de l'efficacité des bandes riveraines en tant que PGB doit tenir compte de la variabilité qui peut exister au chapitre de la composition, de la largeur, de la maturité de la végétation de la bande tampon, et de l'efficacité de son implantation. En outre, la nature du terrain adjacent (texture du sol, pente, pratiques culturales et plantes cultivées) ainsi que le climat, la topographie et les caractéristiques du paysage de la zone doivent être considérés, car ces facteurs peuvent grandement influencer le rendement des PGB.

Les sites de l'EPBH ont été choisis parce qu'ils avaient déjà fait l'objet de recherches et avaient produit des données sur le débit et/ou la qualité de l'eau, et parce qu'ils avaient été inclus dans d'autres études hydrologiques ou économiques. Les données recueillies avant et pendant l'EPBH ont été utilisées pour étudier et valider les effets des PGB et pour élucider les rapports sous-jacents entre la situation des bassins versants et le rendement de ces pratiques. Dans certains sites, les données étaient suffisamment abondantes pour permettre d'étalonner et de valider des modèles hydrologiques et pour déterminer les coûts et les avantages économiques de la pratique à l'étude. Les données de terrain actuelles et futures viendront compléter les données contenues dans les articles scientifiques publiés et renforcer les conclusions et le niveau de confiance dans les extrants des modèles et les résultats d'ensemble.

Des puits de petit diamètre ont été creusés dans le bassin hydrographique du de la rivière Salmon pour faciliter la surveillance de la qualité des eaux souterraines.

Approche de l'étude

Des évaluations biophysiques ont été réalisées dans les sites des bassins versants à l'étude selon diverses méthodes scientifiques qui ont permis de déterminer l'incidence des PGB sur la qualité de l'eau et d'autres variables environnementales. On a veillé à intégrer des évaluations au champ dans toutes les études, de façon à obtenir des résultats scientifiquement valides et publiables dans les ouvrages spécialisés.

Avant d'entreprendre l'EPBH, AAC a passé en revue les articles scientifiques portant sur les évaluations des PGB dans les bassins versants. Le but de cet exercice était d'aider les chercheurs à mener des recherches novatrices en utilisant les techniques les plus avancées qui existent. La vaste bibliographie de l'USDA sur les PGB, préparée dans le cadre du projet CEAP, a également aidé à mieux comprendre la conception et l'application de PGB efficaces.

Effets environnementaux

Les activités de validation de l'EPBH ont retenu comme principal indicateur environnemental la qualité des eaux de surface, car elle est souvent révélatrice d'autres effets observés dans l'environnement (état du sol, qualité de l'air, biodiversité). La qualité de l'eau a été évaluée en utilisant un ensemble minimal de paramètres physiques et chimiques courants qui comprenaient le pH, la

Dans certains cas, on n'a trouvé aucune incidence apparente des PGB sur la qualité de l'eau, mais elles ont toutefois amélioré l'état des zones riveraines.

température de l'eau, la concentration en oxygène dissous, les solides en suspension et dissous, diverses formes d'azote (N) et de phosphore (P) et la présence de bactéries (*E. coli*).

À certains sites, les sources de contaminants dans l'eau et le déplacement des contaminants entre le champ et le cours d'eau, ont été étudiés. Par exemple, on a identifié des sources de matières fécales dans le bassin versant de la rivière Nation Sud afin de cerner les pratiques de gestion les plus efficaces pour réduire la contamination microbienne. Dans le bassin de la rivière Lower Little Bow, on a prélevé des échantillons de sol pour étudier le lessivage des nutriments à travers le sous-sol et dans le cours d'eau.

La qualité des eaux souterraines a été examinée à certains sites pour aider à évaluer l'effet des PGB. Par exemple, des puits de petit diamètre ont été creusés dans le bassin hydrographique de la rivière Salmon pour faciliter la surveillance de la qualité des eaux souterraines. Et dans le bassin versant du ruisseau Thomas, on a prélevé de l'eau dans des puits donnant accès à l'eau souterraine pour évaluer la contribution des nitrates à la contamination du cours d'eau.

À plusieurs sites de l'EPBH, on a évalué un ensemble élargi de paramètres environnementaux. L'ajout de ces paramètres a permis d'accroître les chances de déceler des changements environnementaux. Voici quelques exemples :

- L'évaluation de l'état des zones riveraines depuis le point d'entrée de l'eau dans le bassin jusqu'à sa sortie (ruisseau Thomas)
- Le prélèvement annuel d'échantillons de sol dans les zones pâturées et non pâturées (rivière Lower Little Bow)

- Le prélèvement d'échantillons de gaz à effet de serre (rivière Nation Sud et ruisseau Thomas)
- La conduite d'une bio-surveillance visant à déterminer si les invertébrés aquatiques étaient négativement affectés par les activités d'utilisation des terres comme l'agriculture (rivière Salmon) et l'épandage de pesticides (ruisseau Black)

Résultats des essais sur le terrain

L'incidence des PGB a été évaluée en comparant un scénario avec traitement et un scénario sans traitement. Plusieurs méthodes scientifiques courantes permettent de faire cette comparaison, et les concepts expérimentaux suivants ont été utilisés pour aider à quantifier les causes et les effets des pratiques dans les bassins versants de l'EPBH.

Analyse comparative historique (avant / après)

Les sites de l'EPBH se trouvent dans des endroits où on relève des données depuis plusieurs années, où les conditions sont connues et pour lesquels on a pu dégager des tendances au niveau des sous-bassins. Étant donné que cette surveillance a été effectuée avant la mise en oeuvre des PGB, il a été possible d'établir une ligne de base, ou un point de repère historique, qui peut servir à mesurer le rendement des PGB. Plus la période utilisée pour établir les courbes historiques et les paramètres pertinents sur la qualité de l'eau est longue, plus la comparaison est valide. Par exemple, dans le bassin hydrographique du ruisseau Black, les données recueillies après la mise en oeuvre des PGB ont été comparées à des données historiques sur les sols et la qualité des eaux de surface remontant à plusieurs années.

Surveillance en amont / en aval

Pour évaluer les changements, on a placé les stations de surveillance en amont et en aval de l'endroit où une PGB a été mise en œuvre. Par exemple, à la rivière Nation Sud, on a installé des clôtures d'exclusion du bétail en amont d'un point médian dans le petit cours d'eau surveillé, et on a laissé libre-accès aux bovins dans la zone située en aval. Les échantillons d'eau prélevés aux deux points ont été comparés et leurs différences ont été analysées.

Jumelage de bassins versants (site témoin / site traité)

À certains sites où les conditions des bassins versants étaient relativement similaires, on a jumelé les approches de recherche. Un sous-bassin a été traité d'une autre manière que le bassin versant témoin, et on a comparé les données sur la qualité de l'eau. Par exemple, dans le projet du ruisseau Tobacco Sud, les sous-bassins ont été jumelés pour comparer le débit des eaux de ruissellement et la charge de nutriments et de sédiments en provenance d'un champ sans labour et d'un champ voisin travaillé de manière conventionnelle.

Essais à la lisière du champ

Dans le contexte de l'évaluation des PGB appliquées à un bassin versant, les essais à la lisière du champ comprennent des évaluations à des échelles de plus en plus grandes (autrement dit, à la lisière du champ, au niveau du sous-bassin et à l'exutoire du bassin), ou des essais concernant l'effet de la largeur de la zone tampon sur la charge en nutriments. La procédure fait appel à un plan par gradient : soit on s'éloigne progressivement du point de traitement (PGB), soit on accroît progressivement le niveau de traitement (par exemple, la largeur des bandes riveraines). À titre d'exemple, au site de la rivière Lower Little Bow, on a évalué les performances d'une bande tampon couverte de végétation et située à la base d'un champ cultivé, en utilisant une combinaison de type de végétation et de largeur de bande pour atténuer les effets du ruissellement.

Fréquence des échantillonnages

En respectant les protocoles de conception et d'instrumentation standards, on a prélevé les échantillons aux sites de l'EPBH à une fréquence suffisante pour suivre l'évolution de la qualité de l'eau. Par exemple, dans les bassins du Bras d'Henri et de la Fourchette, on a surveillé la qualité de l'eau à la sortie des micro-bassins versants en utilisant des dispositifs de prélèvement automatiques. Des échantillons d'eau étaient prélevés à toutes les heures au point de sortie du cours d'eau. Un échantillon était prélevé tous les deux jours et les échantillons composites (combinés) résultants étaient analysés tous les quatre jours pour déterminer la concentration des différentes formes de N, P, et d'autres nutriments. Dans tous les bassins versants, on a intensifié la surveillance du débit pendant des événements hydrologiques tels que la fonte des neiges et les pluies.

Exutoire du bassin hydrographique

À tous les sites de l'EPBH, on a prélevé des échantillons pour déterminer la qualité de l'eau à l'exutoire du bassin afin de déceler les éventuels effets cumulatifs de l'application des PGB.

Résultats biophysiques

La conception et la mise en œuvre d'une PGB, et les paramètres par rapport auxquelles elle est évaluée (par exemple, les sols, la pente, le climat, le travail du sol et les pratiques culturales), peuvent varier considérablement d'un bassin hydrographique à l'autre. Par conséquent, l'EPBH n'a pas été conçue pour cerner les effets d'une PGB au-delà de son application locale. Les résultats initiaux peuvent donc être interprétés uniquement comme un test de l'effet de la PGB dans un bassin hydrographique donné.

La conception de bassins hydrographiques couplés dans le bassin hydrographique du ruisseau Tobacco Sud permet d'obtenir une idée plus claire des effets des PGB.

En raison de cette contrainte, un résumé des résultats biophysiques préliminaires et de l'effet des PGB, est présenté au tableau 4. Des résultats biophysiques plus détaillés pour chaque bassin versant sont fournis à l'annexe 1.

Conclusions

Tous les sites de l'EPBH sont pleinement opérationnels, et des données biophysiques sont recueillies pour l'ensemble des PGB à l'étude. Néanmoins, à certains sites, il a fallu attendre à la première ou à la deuxième année pour établir les régimes de surveillance, collecter des données repères et mettre en œuvre les PGB. Par conséquent, plusieurs sites avaient seulement accumulé deux ou trois années de données post-PGB à la fin de la première phase de l'EPBH. Comme ces essais sont menés à l'échelle du bassin et que seuls les résultats à long terme sont significatifs, à cause de la variabilité spatiale et temporelle, il est trop tôt pour commencer à tirer des conclusions définitives. Néanmoins, les conclusions suivantes sautent généralement aux yeux :

Tableau 4 : Résultats biophysiques de l'EPBH par bassin hydrographique et par PGB (2004/5 - 2007/8)

Bassin versant	PGB	Résultats biophysiques	Durée de l'étude post-PGB
Rivière Salmon	Clôture d'exclusion pour les bovins (et abreuvement à l'écart des cours d'eau)	• Pas de réduction tangible de la charge de nutriments dans le ruisseau • Réduction tangible de la charge de sédiments fins et d'*E. coli* dans le ruisseau • Les clôtures ont eu une incidence positive sur la couverture végétale dans la zone riveraine • L'intensification de l'utilisation des terres affecte considérablement la santé aquatique et riveraine dans tout le bassin	• 4 ans • Clôture installée en 2004 en amont des ruisseaux de chacune des trois fermes • Clôture en aval et abreuvement loin des cours d'eau ajouté en 2006 à chaque ferme
Rivière Lower Little Bow	Clôture le long des berges et passage pour les bovins (abreuvement à l'écart des cours d'eau)	• La plupart des paramètres de qualité de l'eau ne se sont pas améliorés par suite de cette PGB • Amélioration de l'état de la bande riveraine • L'exclusion des bovins du pâturage a eu un effet de tampon	• 4 years • Fencing installed in 2001; study began in 2004
	Abreuvement à l'écart des cours d'eau (sans clôture)	• La plupart des paramètres de qualité de l'eau ne se sont pas améliorés par suite de cette PGB • Amélioration de l'état de la bande riveraine • Hausse de la teneur de certains nutriments dans le sol et l'eau de lessivage à côté des abreuvoirs placés à l'écart du ruisseau	• 3 years • Pre-BMP water quality monitoring began in 2004 • Off-stream watering system activated in 2005
	Conversion à un couvert végétal permanent (luzerne)	• Aucune amélioration observée dans la qualité de l'eau de ruissellement	• 2-3 ans de culture fourragère (luzerne semée en sous-couvert dans de l'orge) • Conversion en 2005 dans le premier champ et en 2006 dans le deuxième
	Gestion du fumier	• Réduction de la charge en P dissous vers l'eau de surface • Aucune réduction de la charge en P (particules ou total) vers l'eau de surface	• 3 ans • L'étude a débuté en 2005
	Bandes tampons	• Aucun avantage observé dans la qualité de l'eau • Dans les périodes de forte pluie, une bande tampon de 6 m de large peut permettre de réduire les pertes de sédiments et d'azote d'un champ ayant reçu de l'engrais	• 3 ans • Bandes tampons installées en 2005

Bassin versant	PGB	Résultats biophysiques	Durée de l'étude post-PGB
Ruisseau Tobacco Sud / Steppler	Conversion à un couvert végétal permanent (mélange graminées/ luzerne)	• La concentration de N et P a excédé les seuils de qualité dans les eaux de ruissellement, autant dans les parcelles travaillées que dans les parcelles sous couvert végétal • Réduction tendancielle des charges d'azote emporté par ruissellement et dissous des cultures fourragères vers le ruisseau	• 2 ans • La surveillance et la prise de points de référence ont débuté en 2004; la culture fourragère a été implantée en 2006
	Récolte dans les bandes riveraines (pâturage / récolte mécanisée)	• Réduction tendancielle de la charge de N et P de l'eau s'écoulant de la culture fourragère récoltée mécaniquement vers le ruisseau	• 2 ans • La surveillance et la prise de points de référence ont débuté en 2004 • La gestion des bandes riveraines été modifiée en 2006
	Bassin de retenue (pour le purin)	• Réduction notable des charges de sédiments et de nutriments vers le ruisseau	• 2 ans • Installation en automne 2005
	Petits réservoirs	• Réduction notable de la charge de sédiments et de nutriments en aval du réservoir • Réduction notable des crues printanières et estivales en aval du réservoir	• 9-18 ans • Surveillance du ruissellement en aval du réservoir amorcée en 1990 • L'échantillonnage et l'analyse de l'eau ont débuté en 1999
	Aucun labour (conservation) / labour conventionnel	Sans labour : • Réduction notable des charges de sédiments et de N vers le ruisseau • Augmentation notable des concentrations en P dissous vers le ruisseau • Aucune différence notable dans la quantité totale de ruissellement du champ	• 11 ans (5 ans pré-PGB) • Étude lancée en 1993; PGB mises en oeuvre en 1997
Rivière Nation Sud	Drainage contrôlé par canalisations	• Amélioration tendancielle de la qualité de l'eau de surface entre le sous-bassin témoin et le sous-bassin traité • Réductions notables des charges d'ammonium, de nitrate et de P dans le ruisseau	• 3 ans max. • Structures de contrôle installées à partir de 2005
	Clôture d'exclusion pour les bovins (et abreuvement à l'écart des cours d'eau)	• Réductions notables des charges de nutriments et de bactéries dans le ruisseau • Amélioration de la végétation, de l'habitat faunique et de la morphologie du ruisseau dans la zone riveraine	• 4 ans • Étude lancée en 2004

Tableau 4 : Résultats biophysiques de l'EPBH par bassin hydrographique et par PGB (2004/5 - 2007/8)

Bassin versant	PGB	Résultats biophysiques	Durée de l'étude post-PGB
Rivière Salmon	Clôture d'exclusion pour les bovins (et abreuvement à l'écart des cours d'eau)	• Pas de réduction tangible de la charge de nutriments dans le ruisseau • Réduction tangible de la charge de sédiments fins et d'*E. coli* dans le ruisseau • Les clôtures ont eu une incidence positive sur la couverture végétale dans la zone riveraine • L'intensification de l'utilisation des terres affecte considérablement la santé aquatique et riveraine dans tout le bassin	• 4 ans • Clôture installée en 2004 en amont des ruisseaux de chacune des trois fermes • Clôture en aval et abreuvement loin des cours d'eau ajouté en 2006 à chaque ferme
Rivière Lower Little Bow	Clôture le long des berges et passage pour les bovins (abreuvement à l'écart des cours d'eau)	• La plupart des paramètres de qualité de l'eau ne se sont pas améliorés par suite de cette PGB • Amélioration de l'état de la bande riveraine • L'exclusion des bovins du pâturage a eu un effet de tampon	• 4 years • Fencing installed in 2001; study began in 2004
	Abreuvement à l'écart des cours d'eau (sans clôture)	• La plupart des paramètres de qualité de l'eau ne se sont pas améliorés par suite de cette PGB • Amélioration de l'état de la bande riveraine • Hausse de la teneur de certains nutriments dans le sol et l'eau de lessivage à côté des abreuvoirs placés à l'écart du ruisseau	• 3 years • Pre-BMP water quality monitoring began in 2004 • Off-stream watering system activated in 2005
	Conversion à un couvert végétal permanent (luzerne)	• Aucune amélioration observée dans la qualité de l'eau de ruissellement	• 2-3 ans de culture fourragère (luzerne semée en sous-couvert dans de l'orge) • Conversion en 2005 dans le premier champ et en 2006 dans le deuxième
	Gestion du fumier	• Réduction de la charge en P dissous vers l'eau de surface • Aucune réduction de la charge en P (particules ou total) vers l'eau de surface	• 3 ans • L'étude a débuté en 2005
	Bandes tampons	• Aucun avantage observé dans la qualité de l'eau • Dans les périodes de forte pluie, une bande tampon de 6 m de large peut permettre de réduire les pertes de sédiments et d'azote d'un champ ayant reçu de l'engrais	• 3 ans • Bandes tampons installées en 2005

Bassin versant	PGB	Résultats biophysiques	Durée de l'étude post-PGB
Ruisseau Tobacco Sud / Steppler	Conversion à un couvert végétal permanent (mélange graminées/ luzerne)	• La concentration de N et P a excédé les seuils de qualité dans les eaux de ruissellement, autant dans les parcelles travaillées que dans les parcelles sous couvert végétal • Réduction tendancielle des charges d'azote emporté par ruissellement et dissous des cultures fourragères vers le ruisseau	• 2 ans • La surveillance et la prise de points de référence ont débuté en 2004; la culture fourragère a été implantée en 2006
	Récolte dans les bandes riveraines (pâturage / récolte mécanisée)	• Réduction tendancielle de la charge de N et P de l'eau s'écoulant de la culture fourragère récoltée mécaniquement vers le ruisseau	• 2 ans • La surveillance et la prise de points de référence ont débuté en 2004 • La gestion des bandes riveraines été modifiée en 2006
	Bassin de retenue (pour le purin)	• Réduction notable des charges de sédiments et de nutriments vers le ruisseau	• 2 ans • Installation en automne 2005
	Petits réservoirs	• Réduction notable de la charge de sédiments et de nutriments en aval du réservoir • Réduction notable des crues printanières et estivales en aval du réservoir	• 9-18 ans • Surveillance du ruissellement en aval du réservoir amorcée en 1990 • L'échantillonnage et l'analyse de l'eau ont débuté en 1999
	Aucun labour (conservation) / labour conventionnel	Sans labour : • Réduction notable des charges de sédiments et de N vers le ruisseau • Augmentation notable des concentrations en P dissous vers le ruisseau • Aucune différence notable dans la quantité totale de ruissellement du champ	• 11 ans (5 ans pré-PGB) • Étude lancée en 1993; PGB mises en oeuvre en 1997
Rivière Nation Sud	Drainage contrôlé par canalisations	• Amélioration tendancielle de la qualité de l'eau de surface entre le sous-bassin témoin et le sous-bassin traité • Réductions notables des charges d'ammonium, de nitrate et de P dans le ruisseau	• 3 ans max. • Structures de contrôle installées à partir de 2005
	Clôture d'exclusion pour les bovins (et abreuvement à l'écart des cours d'eau)	• Réductions notables des charges de nutriments et de bactéries dans le ruisseau • Amélioration de la végétation, de l'habitat faunique et de la morphologie du ruisseau dans la zone riveraine	• 4 ans • Étude lancée en 2004

Bassin versant	PGB	Résultats biophysiques	Durée de l'étude post-PGB
Bras d'Henri et Fourchette	Contrôle du ruissellement des eaux de surface	• Fourchette - amélioration de la qualité de l'eau • Bras d'Henri – résultats mitigés jusqu'ici	• 5 ans - Mise en place des PGB dans la Fourchette en 2003 • 1 an - Mise en place des PGB dans le Bras d'Henri au printemps 2007
	Rotation des cultures (augmentation de la part de superficie en foin par rapport au maïs)	• À l'échelon de la ferme - réduction de la charge de nutriments vers le ruisseau • À l'échelon du bassin hydrographique – l'évaluation d'impact se poursuit	• 4 ans • PGB mises en oeuvre avant 2004
	Gestion du lisier de porc	• Réduction systématique des charges de N et de coliformes fécaux vers le ruisseau • Réduction des pertes de N et P dans les eaux de ruissellement au cours de certaines années • Hausse de la teneur résiduelle en P dans le sol • Réduction apparente des odeurs pendant l'épandage	• 3 ans • PGB mises en oeuvre en 2005
	Utilisation réduite d'herbicides	• Système d'aide à la prise de décisions basé sur celui d'AAC jugé inadéquat • Avec les autres techniques, il faut plus de temps pour faire les ajustements nécessaires et observer les effets	• 1-3 ans • Mise en oeuvre du système d'aide à la prise de décisions en 2005; autres méthodes adoptées en 2007
Ruisseau Black	Déviation et voies d'eau gazonnées	• Réduction notable du ruissellement de surface, des sédiments et des contaminants liés aux particules • La charge en nutriments solubles était souvent plus élevée dans le ruisseau • Inefficace pour ce qui est de réduire la charge en polluants dans le ruisseau lors des pluies très fortes	• 7-16 ans • Adoption de PGB à partir de 1992 • Améliorations apportées après le lancement de l'EPBH • La Surveillance de la qualité de l'eau a débuté en 1992 (avec des interruptions)
	Bandes riveraines gazonnées	• Peuvent contribuer à freiner le ruissellement et la charge des sédiments, selon les caractéristiques topographiques des champs en surplomb et le débit de l'eau provenant des champs avoisinants • Les données sur les charges en nutriments vers le ruisseau ne permettent pas de dégager de tendance claire • Inefficace pour ce qui est de réduire les charges vers le ruisseau après de fortes pluies	• 3 ans • PGB mises en oeuvre en 2005

Bassin versant	PGB	Résultats biophysiques	Durée de l'étude post-PGB
Ruisseau Thomas	Plan de gestion des nutriments	• Aucune incidence sur la qualité de l'eau du ruisseau à cause de la complexité du bassin versant et de l'application limitée des PGB	• 3 ans • PGB mises en oeuvre en 2005
	Clôture d'exclusion pour les bovins (avec abreuvement à l'écart des cours d'eau)	• Incidence minimale sur la qualité de l'eau du ruisseau, probablement à cause de l'étroitesse de la bande d'exclusion et du nombre restreint de bovins	• 3 ans • PGB mises en oeuvre en 2005
	Détournement d'eaux pluviales (ruissellement autour de la ferme)	• Réduction notable des concentrations en P et en *E. coli* vers le ruisseau	• 3 ans • PGB mises en oeuvre en décembre 2004

Des effets environnementaux manifestes

Des tendances clairement positives au chapitre de la qualité de l'eau et/ou d'autres indicateurs environnementaux ont été observés pour certaines PGB. Par exemple, plus de la moitié des essais sur les PGB effectués dans le cadre de l'EPBH (13 sur 22) démontraient le potentiel de réduire la charge de contaminants dans les eaux de surface. Toutefois, dans de nombreux cas, il reste à quantifier le degré d'efficacité de ces pratiques. Les exemples les plus parlants sont les recherches menées à la rivière Nation Sud, où le drainage souterrain a considérablement réduit les charges de nutriments dans les eaux de surface. En outre, l'exclusion des bovins au moyen d'une clôture a permis d'obtenir des réductions significatives des concentrations en nutriments et en bactéries dans le ruisseau, tout en améliorant la végétation riveraine, l'habitat faunique et la morphologie du cours d'eau.

Résultats mitigés et compromis

Plusieurs résultats sont mitigés : certains paramètres relatifs à la qualité de l'eau s'améliorent tandis que d'autres restent peu concluants, voire se détériorent.

En outre, des améliorations dans un paramètre peuvent survenir au détriment d'un autre. Bon nombre des changements sont assortis de compromis. Des résultats positifs sur un point ne donnent pas nécessairement des résultats positifs sur tous les points. Par exemple, si l'utilisation de terrasses de déviation semble avoir réduit le ruissellement de surface dans le bassin hydrographique du ruisseau Black, la hausse de la percolation d'eau dans les sols en terrasses peut avoir contribué à augmenter la charge de nutriments dans les eaux souterraines locales, comme l'indique la hausse des concentrations en nutriments dans le ruisseau voisin. Dans le bassin hydrographique du ruisseau Tobacco Sud, bien que le semis direct a permis de réduire considérablement les concentrations en N et la charge de sédiments dans le ruisseau, une augmentation de la perte de P total (en particulier le P dissous) a été observée sur le terrain. Cela pourrait être dû à la stratification du phosphore à la surface du sol et au lessivage de cet élément à partir des résidus végétaux, et mérite d'être étudié davantage.

Propriétés chimiques de l'eau / autres indicateurs

Dans d'autres cas, les effets des PGB n'étaient pas concluants pour les propriétés

L'équipe de l'EPBH emploie le concept d'imbrication, selon lequel les PGB sont mesurées à la lisière du champ et à l'échelle du micro-bassin hydrographique.

chimiques de l'eau, mais ils l'étaient pour d'autres indicateurs environnementaux. Dans le bassin versant de la rivière Salmon, par exemple, l'exclusion des bovins au moyen de clôtures n'a donné aucune réduction significative des concentrations en nutriments dans le ruisseau, mais a donné lieu à une réduction significative des concentrations en sédiments fins et en *E. coli*, et a eu un effet positif sur le couvert végétal dans la zone riveraine clôturée.

Résultats à la lisière du champ comparativement aux résultats pour l'ensemble du bassin hydrographique

Bien que la contribution de chaque PGB aux charges à la lisière du champ ou dans le ruisseau soit souvent évidente, l'effet cumulé de plusieurs PGB sur la qualité de l'eau est souvent difficile à déceler en aval, à l'exutoire du bassin. Cela est peut-être dû à la brièveté de l'étude de collecte, ou au fait que la grosseur du cours d'eau empêche d'évaluer précisément les variations de qualité de l'eau. Les impacts cumulatifs sont plus difficiles à déceler dans les grands cours d'eau, non seulement à cause de cette dilution de l'effet, mais aussi parce que différentes sources en amont des bassins de l'EPBH pourraient masquer ou éclipser les effets de la mise en oeuvre des PGB. C'est pour ces raisons que l'équipe de l'EPBH emploie le concept d'imbrication, selon lequel les PGB sont mesurées à la lisière du champ et à l'échelle du micro-bassin hydrographique.

Dans certains sites, l'incidence des PGB *est* évidente tant à la lisière du champ qu'à l'exutoire du bassin versant. La pratique du drainage souterrain dans le bassin hydrographique de la rivière Nation Sud constitue un bon exemple à cet égard. Dans ce site, le haut degré de collaboration des producteurs a permis d'adopter la pratique à grande échelle, si bien que plus de 95 % du bassin versant témoin est maintenant sous drainage contrôlé par canalisations. L'incidence de cette pratique sur la qualité de l'eau à l'exutoire du micro-bassin hydrographique est évidente. Dans le cas du bassin du ruisseau Fourchette, au Québec, où des mesures de contrôle du ruissellement de surface sont en place depuis 2001, l'effet cumulatif de ces pratiques commence juste à être décelé à l'exutoire du bassin. D'autre part, plus récemment, l'incidence du contrôle des eaux de ruissellement de surface mis en œuvre à proximité du bassin du Bras d'Henri, n'est pas encore décelable à la lisière du champ. Les chercheurs prévoient obtenir des résultats similaires à l'exutoire du bassin, ce qui confirme la nécessité d'une surveillance à long terme.

Interactions du paysage

On en a beaucoup appris sur les interactions entre des paysages uniques et les processus en place dans ces études. Par exemple, au début du projet, deux micro-bassins ont été choisis dans le bassin versant du Bras d'Henri afin qu'ils puissent

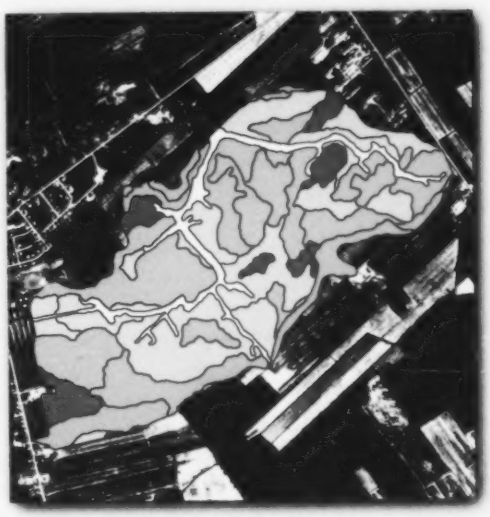
être jumelés. Ces bassins versants ont été choisis après une comparaison de l'information disponible sur l'hydrologie, les sols et l'utilisation des terres. Une enquête très détaillée sur les sols a alors été menée dans le cadre de l'EPBH et a permis de conclure que ces bassins versants « jumeaux » étaient en fait très différents. En raison du pourcentage accru des sols à texture grossière du bassin traité (PGB appliquée), le risque de lessivage de l'azote était beaucoup plus grand que dans le bassin témoin. Pourtant, à cause de la prédominance de sols de type podzol (caractérisés par une capacité d'adsorption élevée du phosphore) dans le bassin versant traité, les concentrations de P étaient beaucoup plus faibles que prévu à l'exutoire du bassin. Ces deux facteurs aident à expliquer le rendement, par ailleurs source de confusion, des PGB mises en oeuvre. Au lieu de produire un résultat négatif, cette enquête a tout au contraire permis aux chercheurs de mieux interpréter les résultats sur la qualité de l'eau, et a mené à la réalisation de nouvelles recherches et à la publication d'articles scientifiques sur les rapports entre la variabilité des sols, le rendement des PGB et leur incidence probable sur la qualité de l'eau du ruisseau.

Comparaisons entre bassins versants

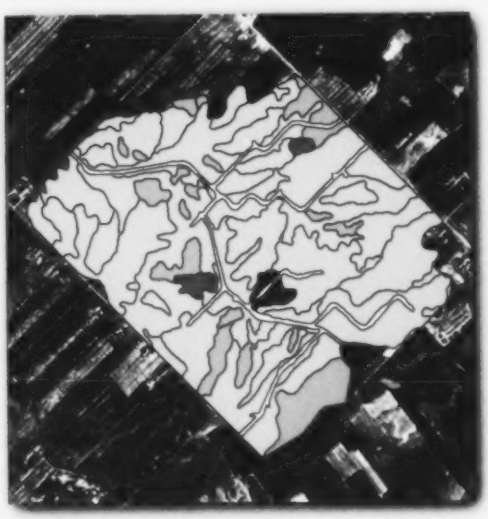
Bien que l'EPBH n'ait pas été conçue pour comparer les effets des PGB dans les conditions propres aux différents bassins versants, certaines PGB ont été appliquées dans plus d'un bassin versant, de sorte que les comparaisons sont plus ou moins inévitables. Ainsi, une évaluation préliminaire des effets qui pourraient être observés dans plus d'un site a été entreprise, et les grandes lignes des résultats de cette évaluation sont présentées ci-dessous :

- **Exclusion des bovins / clôture le long des berges** (4 sites) - Les résultats obtenus à quatre bassins de l'EPBH répartis dans tout le pays semblent indiquer une amélioration de l'état de santé des zones riveraines, bien que les effets sur la qualité de l'eau sont souvent peu clairs et en aucune

Bassin hydrographique d'intervention



Bassin hydrographique témoin



La cartographie détaillée des sols dans le bassin hydrographique du Bras d'Henri a révélé que les « bassins hydrographiques jumelés » avaient des types de sols beaucoup plus différents que ce que l'on avait d'abord supposé; un facteur ayant contribué à expliquer les résultats des PGB.

façon uniformes d'un bassin versant à l'autre. La disparité dans les effets sur la qualité de l'eau peut être due à la taille du ruisseau ou au nombre de bovins, tandis que le rétablissement des zones riveraines clôturées pourrait être relativement indépendants de ces facteurs.

- **Conversion à un couvert végétal permanent** (3 sites) – Les résultats des tests sur la qualité de l'eau dans deux bassins hydrographiques des Prairies reposent sur des données accumulées sur une courte période d'au plus deux ou trois ans. Il faudra peut-être attendre un certain temps pour que les champs convertis (des céréales annuelles à la luzerne / production fourragère) atteignent un point d'équilibre et pour démontrer l'effet des PGB. Entre-temps, dans le bassin hydrographique du Bras d'Henri, après les quatre années écoulées depuis la transition de la culture de maïs à la culture de foin, on a observé une réduction à l'échelle de la ferme des concentrations de nutriments dans le ruisseau, bien que l'effet net dans l'ensemble du bassin versant reste flou.
- **Étude de la gestion des fumiers/ nutriments** (3 sites) – Dans deux des sites à l'étude (rivières Lower Little Bow et Bras d'Henri), on a noté une diminution des concentrations de certains nutriments dans le ruisseau, mais qui a été accompagnée d'une hausse de la teneur en phosphore résiduel dans le sol. Dans le bassin versant du ruisseau Thomas, l'adoption sporadique à la ferme des lignes directrices provinciales sur le plan de gestion des nutriments (évalué une fois tous les trois ans seulement) fait qu'il est très difficile de déceler le moindre impact sur la qualité de l'eau à l'exutoire. Par conséquent, des modifications majeures sont proposées pour cette PGB à l'avenir.
- **Bandes tampons** (2 sites) – Des bandes tampons ont été étudiées dans deux bassins versants pendant une période de trois ans. Dans le bassin de la rivière Lower Little Bow, on n'a pas noté d'amélioration nette de la qualité de l'eau pendant les périodes d'écoulement normal de l'eau provenant des pâturages, mais durant les périodes de fort ruissellement d'eau provenant des terres cultivées, une bande tampon de six mètres de largeur pourrait éventuellement contribuer à réduire les teneurs en sédiments et en azote. Inversement, dans le bassin hydrographique du ruisseau Black, même si les réductions potentielles des teneurs en nutriments issus des champs de pomme de terre restent également floues, les bandes tampons se sont avérées inefficaces lors des périodes de fort ruissellement.

D'autres études devront être menées pour en savoir davantage au sujet de l'incidence de toutes ces PGB sur la qualité de l'eau. Ces connaissances seront utiles pour les futures recherches, tant dans le cadre de l'EPBH que pour d'autres projets de recherche.

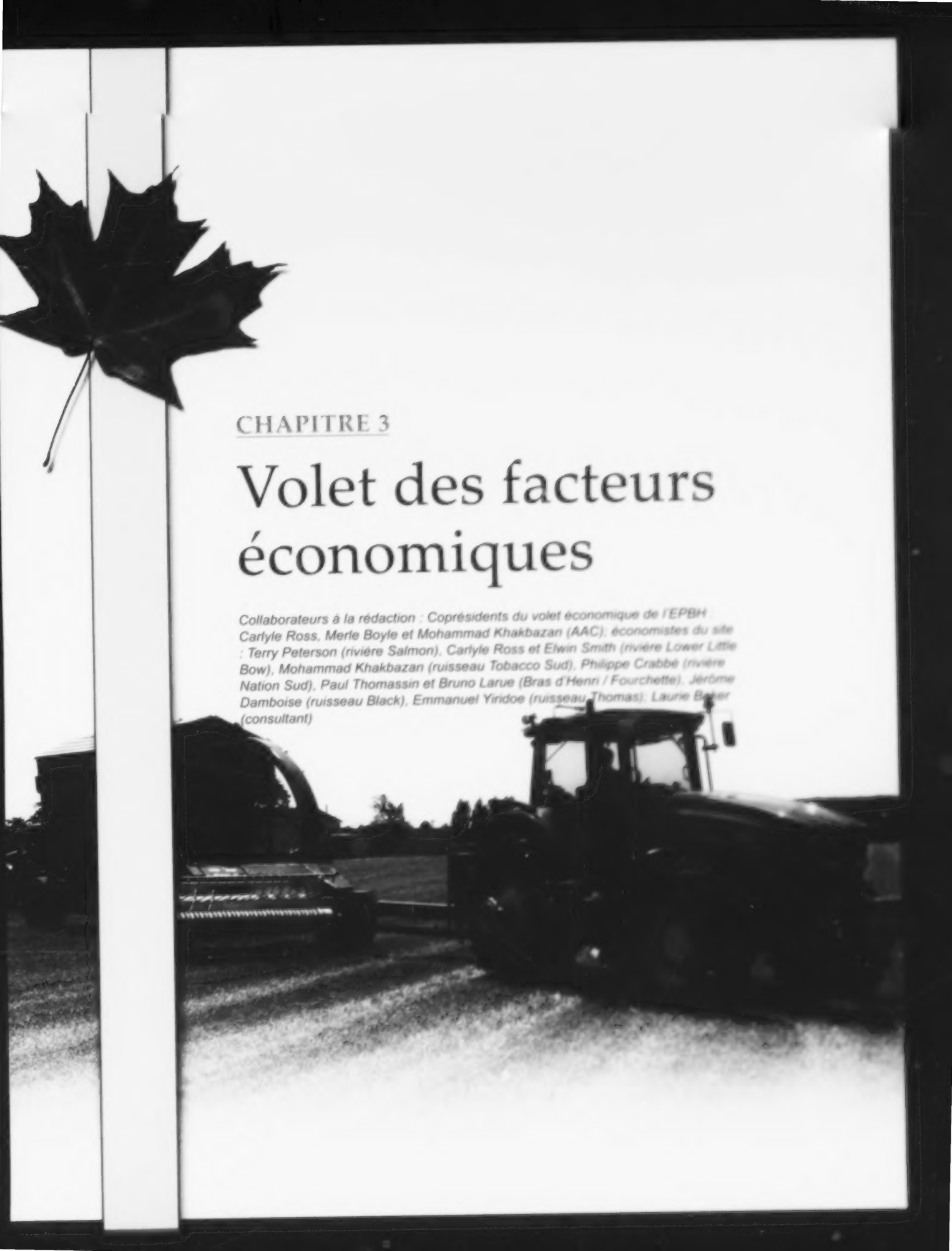
Prochaines étapes

D'importants progrès ont été accomplis jusqu'ici dans le volet biophysique de l'EPBH, et les travaux scientifiques novateurs menés dans les sites des bassins versants ont permis de tirer plusieurs conclusions clés. Cependant, il faudra plus de temps pour recueillir les données biophysiques supplémentaires requises pour donner du poids à ces conclusions et contribuer à la modélisation économique et hydrologique. Les travaux se poursuivront sur les sept sites existants dans le cadre stratégique *Cultivons l'avenir*. De plus, l'ajout de nouveaux sites dans les bassins versants permettra d'élargir le champ de l'étude et d'évaluer les effets des PGB et les influences des bassins hydrographiques dans un plus large éventail de paysages, de sols et de conditions climatiques.

CHAPITRE 3

Volet des facteurs économiques

Collaborateurs à la rédaction : Coprésidents du volet économique de l'EPBH : Carlyle Ross, Merle Boyle et Mohammad Khakbazan (AAC); économistes du site : Terry Peterson (rivière Salmon), Carlyle Ross et Elwin Smith (rivière Lower Little Bow), Mohammad Khakbazan (ruisseau Tobacco Sud), Philippe Crabbé (rivière Nation Sud), Paul Thomassin et Bruno Larue (Bras d'Henri / Fourchette), Jérôme Damboise (ruisseau Black), Emmanuel Yiridoe (ruisseau Thomas); Laurie Baker (consultant)



SOMMAIRE

Les économistes de l'EPBH ont estimé les coûts de mise en œuvre des PGB à la ferme et commencé à mesurer les retombées potentielles à la ferme et hors ferme. Ces évaluations économiques se sont surtout concentrées sur l'établissement des coûts des PGB et les enquêtes auprès des producteurs. Les différentes approches analytiques utilisées témoignent de la diversité des facteurs ayant une incidence sur chaque bassin hydrographique. Elles comprennent l'analyse économétrique, l'analyse de l'ensemble de la ferme, des modèles financiers, des modèles d'optimisation et autres.

Bien que les études économiques de l'EPBH n'aient commencé que deux ans après le début du projet, plusieurs conclusions clés ont pu être tirées. La plupart des 22 essais de PGB réalisés ont indiqué des coûts élevés de mise en œuvre ou de maintien, avec peu de chance de retombées financières nettes à la ferme. Néanmoins, dans environ 75 % des cas, des retombées limitées peuvent compenser en partie le coût de mise en œuvre des PGB. D'autres PGB pourraient s'avérer viable sur le plan économique, mais leurs retombées à la ferme ne sont pas encore quantifiées. Il est encore trop tôt pour savoir si elles produiront des avantages publics appréciables hors ferme.

Les sections de l'annexe 1 portant sur des bassins hydrographiques précis présentent d'autres renseignements liés aux résultats économiques. Les travaux sur l'économie comportementale des fermes sont expliqués au chapitre 5.

Introduction

Le principal but visé dans le volet économique de l'EPBH était d'évaluer la rentabilité des PGB à la ferme et d'amorcer l'évaluation des retombées potentielles des PGB à la ferme et hors ferme. Pour évaluer les effets des PGB sur l'entreprise agricole, les économistes ont appliqué des modèles économiques et d'autres outils adaptés à la situation unique de chaque site de l'EPBH. Les facteurs socio-économiques qui pourraient influencer les décisions des producteurs pour ce qui est d'adopter des pratiques de gestion bénéfiques ont également été examinés dans le cadre du volet sur le comportement des exploitations agricoles (voir chapitre 5).

Des analyses économiques effectuées dans le cadre d'EPBH fourniront aux producteurs des estimations crédibles au sujet des coûts et des avantages pour la ferme des pratiques de gestion bénéfiques, afin qu'ils puissent faire des choix éclairés avant d'adopter ces PGB.

Justification

La population s'intéresse de plus en plus à l'environnement, et dans ce phénomène de société, l'agriculture est souvent soupçonnée de nuire à la qualité de l'eau et à d'autres caractéristiques

environnementales. Pourtant, les retombées de l'amélioration de la qualité de l'eau suite à l'adoption de PGB se font souvent ressentir hors de la ferme. Il suffit de penser à l'amélioration de la qualité de l'eau destinée à la consommation résidentielle et aux activités récréatives, ainsi qu'à l'amélioration des écosystèmes aquatiques.

La réussite des initiatives d'intendance visant à minimiser l'incidence de l'agriculture sur la qualité de l'eau dépend de la résolution des producteurs à adopter des PGB et à leur capacité de financer les investissements qui s'y rattachent. Les coûts liés aux PGB visant à améliorer la qualité de l'eau peuvent être supérieurs aux avantages pour la ferme, par exemple l'augmentation potentielle de la capacité de production de bétail. En conséquence, les agriculteurs peuvent réagir en optant pour des pratiques agricoles qui bénéficient à la ferme tout en nuisant à la qualité de l'eau, au lieu d'adopter volontairement des PGB plus coûteuses.

Les recherches et l'analyse économiques peuvent fournir aux producteurs des estimations crédibles au sujet des coûts et des retombées des PGB à la ferme, ce qui leur permet ensuite de prendre des décisions éclairées avant d'adopter ces pratiques. Dans la même veine, ces estimations aideront à déterminer la mesure des incitatifs financiers, réglementaires ou autres à offrir lorsque l'adoption facultative ne semble pas être avantageuse. La connaissance des coûts et des avantages, à la ferme et pour la société, de l'adoption des PGB, doublée d'une meilleure compréhension des attitudes des producteurs et des obstacles à l'application de ces pratiques, aidera les gouvernements à élaborer des politiques ou des programmes qui encouragent l'adoption des PGB.

Approche de l'étude

Neuf études des facteurs économiques à la ferme ont été menées dans les sept bassins hydrographiques de l'EPBH (deux études ont été menées en Alberta et deux autres au Québec). Essentiellement, les évaluations économiques effectuées jusqu'ici ont porté sur les coûts des PGB et ont comporté des enquêtes auprès des producteurs. Leur but était d'aider à déterminer les recettes et les dépenses agricoles attribuables aux PGB et d'établir des profils d'exploitation représentatifs (tailles et types de ferme) pour chaque bassin hydrographique.

L'approche analytique adoptée dans chacune de ces études variait compte tenu de la diversité des facteurs affectant chaque région à l'étude. Parmi ces facteurs figuraient les suivants : la diversité écologique et agronomique des bassins versants, la volonté des producteurs de participer au projet; les PGB examinées; les variations dans les données disponibles, les approches d'enquête et les préférences méthodologiques des chercheurs (tableau 5). Les méthodes utilisées dans chacun des bassins hydrographiques de l'EPBH sont décrites plus en détail à l'annexe 1.

Les approches analytiques utilisées par les économistes de l'EPBH pour estimer les coûts et le rendement financier et, si possible, les avantages nets de l'adoption des PGB, étaient les suivantes :

- *L'analyse économétrique* des décisions concernant la probabilité que les agriculteurs adoptent ou non les PGB. Cette approche permet d'estimer les fonctions de rendement et de coût des cultures, et offre des inférences statistiques au sujet de l'importance des variables qui influencent l'intention d'un agriculteur d'adopter une PGB.
- *Les budgets d'exploitation agricole* aident à déterminer le revenu net au niveau de l'entreprise, à savoir, à un niveau suffisamment précis pour évaluer la PGB plutôt que l'ensemble de la ferme. Cet instrument analytique peut être utilisé en conjonction avec des valeurs d'investissement pour que l'exploitation agricole crée des taux de rendement d'investissements en PGB.

Tableau 5 : Méthodes de recherche économique à la ferme dans le cadre de l'EPBH (2006/7 –2007/8)

Bassin versant	Approche analytique
Rivière Salmon	Modèles financiers
Rivière Lower Little Bow	Modèles d'optimisation stochastique et dynamique
	Programmation non linéaire
Ruisseau Tobacco Sud / Steppler	Budgets d'exploitation agricole et analyse économétrique
Rivière Nation Sud	Budgets d'exploitation agricole
Bras d'Henri / Fourchette	Analyse économétrique
	Modèle d'optimisation
Ruisseau Black	Analyse agro-globale
Ruisseau Thomas	Modèle d'optimisation

- *Les modèles financiers* permettent de créer des états financiers tels que des bilans, des résultats et des états de flux de trésorerie pour les exploitations agricoles. Ces états financiers peuvent servir à déterminer si la PGB étudiée est susceptible de contribuer à la trésorerie courante, au revenu net et à l'avoir de l'agriculteur.
- *La programmation non linéaire* est une technique mathématique utilisée pour déterminer le degré d'application d'une PGB qui donne le plus haut revenu agricole, sous réserve de contraintes telles que la disponibilité des ressources agricoles.
- *Les modèles d'optimisation* utilisent plusieurs techniques mathématiques, comme la programmation non linéaire, pour déterminer la meilleure façon de répartir les ressources de l'exploitation. Ces modèles peuvent être utilisés sur le plan « interrégional ».
- *Les modèles stochastique et dynamique* permettent d'élargir la gamme de modèles d'optimisation et peuvent produire des simulations de changements dans les liquidités, les ressources agricoles, les probabilités, les horizons temporels et la prise de décisions.
- *L'analyse agro-globale* permet d'évaluer l'incidence de l'adoption des PGB sur le revenu global et le rendement financier de l'ensemble de la ferme. Parfois, les flux de trésorerie du projet de PGB ne suffisent pas pour amortir l'investissement, mais les flux de trésorerie de l'ensemble de l'exploitation suffisent.

Dans certains bassins versants, les évaluations des PGB ont été effectuées sur une seule ferme. Dans d'autres, les économistes ont choisi plusieurs types et grandeurs de fermes « représentatives » afin de refléter les fermes typiques établies dans le bassin versant.

Les résultats économiques des PGB étudiées dans plus d'un bassin versant ne peuvent pas nécessairement être comparés aux résultats de n'importe quel des bassins versants, en raison des différences dans les conditions locales et dans les méthodes de recherche utilisées par les économistes.

Dans les deux sites EPBH situés au Manitoba et au Québec, les économistes ont travaillé avec les scientifiques biophysiques et les modélisateurs hydrologiques en vue d'élaborer un cadre de modélisation intégrée. De l'information complémentaire sur le volet de modélisation intégrée de l'EPBH est fournie au chapitre 5.

Difficultés d'ordre analytique

Étant donné que les études économiques de l'EPBH n'ont commencé que deux ans après le lancement du projet, les analyses ne sont pas aussi définitives que si elles avaient porté sur une plus longue période. De plus, comme les données économiques propres aux sites n'étaient pas encore disponibles pour de nombreux bassins versants, les économistes ont souvent dû obtenir les données initiales dans des sources publiées. Par conséquent, les résultats peuvent reposer sur des estimations générées par des modèles plutôt que sur des chiffres provenant des sites. Par conséquent, bon nombre des résultats de l'analyse économique doivent être considérés comme préliminaires et bénéficieront de l'apport soutenu d'autres données obtenues sur le terrain.

Dans toutes les études économiques de l'EPBH, on a estimé l'information sur les coûts liés à l'adoption et/ou au maintien des PGB. Toutefois, on n'a pas encore suffisamment bien évalué les retombées à la ferme (privées) ou hors ferme (publiques) des PGB dans la plupart des bassins versants, car l'essentiel de l'analyse biophysique se poursuit. Par conséquent, il reste à conclure l'analyse complète des coûts-avantages.

Les structures de drainage contrôlé par canalisation ont clairement entraîné des retombées économiques pour les producteurs.

Conclusions sur les facteurs économiques

Le Tableau 6 ci-dessous met en évidence les résultats de l'analyse économique des PGB individuelles dans les bassins hydrographiques de l'EPBH pendant la première phase du projet. Pour la plupart des PGB, seules les charges d'exploitation ont été évaluées. Pour consulter ces résultats dans le contexte des résultats biophysiques, voir les résumés individuels des bassins versants à l'annexe 1.

Conclusions

L'objectif du volet économique de l'EPBH était de déterminer les incidences de la mise en œuvre des PGB sur l'exploitation agricole. Les travaux ont porté sur toutes les PGB, même si les économistes disposaient de peu de données économiques et autres. Comme la collecte de données se poursuit dans le cadre de l'EPBH, les résultats économiques vont s'améliorer. En outre, pour les PGB qui semblent avoir des effets sur l'environnement hors ferme (comme l'amélioration de la qualité de l'eau en aval), on mènera de plus en plus d'évaluations sur les avantages au-delà de la ferme. Pour l'instant, les conclusions suivantes sautent généralement aux yeux :

Tableau 6 : Résultats économiques de l'EPBH par bassin hydrographique et par PGB (2006/7 - 2007/8)

Bassin versant	PGB	RÉSULTATS ÉCONOMIQUES*
Rivière Salmon	Clôture d'exclusion pour les bovins (et abreuvement à l'écart des cours d'eau)	• Coûts d'installation très élevés • Les avantages à court terme pour le propriétaire semblent être limités
Rivière Lower Little Bow	Clôture le long des berges et passage pour les bovins (abreuvement à l'écart des cours d'eau)	• Coûts d'installation très élevés • Les avantages à court terme pour le propriétaire semblent être limités
	Abreuvement à l'écart des cours d'eau (sans clôture)	• Faible réduction des liquidités de la ferme • Les avantages potentiels calculés (répartition des bovins) pourraient contrebalancer les coûts à la ferme
	Conversion à un couvert végétal permanent (luzerne)	• Faible réduction des liquidités de la ferme
	Gestion du fumier	• Réduction du revenu net à cause des coûts de transport du fumier et aux baisses de rendement dues à la réduction des nutriments • Les coûts dépendent du ratio N/P du fumier épandu
	Bandes tampons	• Les bandes en herbe ont réduit marginalement les liquidités • Les bandes tampons composées d'arbustes et d'arbres coûtent cher à implanter et à entretenir • Les coûts varient selon la largeur de la bande tampon et le niveau de protection environnementale recherché
Ruisseau Tobacco Sud / Steppler	Conversion à un couvert végétal permanent (mélange graminées/ luzerne)	• Hausse du revenu due à la baisse des coûts de production • Les recettes et les dépenses potentielles de la production animale n'ont pas encore été évaluées
	Récolte dans les bandes riveraines (pâturage / récolte mécanisée)	• Les coûts d'immobilisations de la clôture sont élevés • Perte de surface agricole è cause du terrain occupé par la bande tampon (production animale non évaluée)
	Bassin de retenue (pour le purin)	• Investissement initial en immobilisations élevé • Il reste à évaluer les avantages directs et indirects
	Petits réservoirs	• Investissement initial en immobilisations élevé • Les avantages publics n'ont pas encore été évalués
	Aucun labour (conservation) / labour conventionnel	• Investissement de départ élevé (outils adaptées au semis direct) • Le rendement économique du travail minimum du sol est limité et dépend du type de culture • Moins les passages de travail du sol sont fréquents, plus le rendement économique augmente
Rivière Nation Sud	Drainage contrôlé par canalisations	• Rentable grâce à la hausse des rendements de maïs et de soja • Les structures de contrôle pourraient s'amortir en trois ou quatre ans

Bassin versant	PGB	RÉSULTATS ÉCONOMIQUES*
	Clôture d'exclusion pour les bovins (et abreuvement à l'écart des cours d'eau)	• La clôture grillagée est très coûteuse • Les coûts d'installation et d'entretien du système d'abreuvement sont peu élevés • Les avantages à court terme pour le propriétaire semblent être limités
Bras d'Henri / Fourchette	Contrôle du ruissellement des eaux de surface	• L'adoption de cette PGB augmente probablement les coûts, mais dans une moindre mesure pour les grandes fermes de culture • Peut favoriser la stabilisation du terrain et une hausse de rendement • L'adoption de cette pratique varie selon l'âge et le niveau d'études des producteurs, la grandeur de la ferme et d'autres facteurs
	Rotation des cultures (augmentation de la part de superficie en foin par rapport au maïs)	• Pratique coûteuse et hausse des dépenses moyennes à court terme, les superficies en foin augmentant au détriment du maïs dans la rotation • Adoption favorisée par l'âge et le niveau d'étude des producteurs et la grandeur de la ferme, et dissuadée par les frais de main-d'œuvre
	Gestion du lisier de porc	• Pratique coûteuse, moins toutefois dans les grandes fermes de culture, et plus dans les fermes d'élevage • On prévoit une baisse des besoins en engrais de synthèse • Les femmes et les propriétaires qui habitent à la ferme sont plus enclin à adopter cette PGB
	Utilisation réduite d'herbicides	• Pratique coûteuse (perte de rendement); les coûts moyens augmentent rapidement lorsqu'on réduit le recours aux herbicides • Les grandes fermes sont plus portées à adopter cette PGB
Ruisseau Black	Déviation et voies d'eau gazonnées	• Coûts d'implantation et de maintien élevés • Les effets à court terme sur les rendements restent flous
	Bandes riveraines enherbées	• Coûteuses à mettre en oeuvre • Pas d'avantages clairs à court terme pour les propriétaires
Ruisseau Thomas	Plan de gestion des nutriments	• Coûteux en fait de perte de rendement • Les pertes agricoles augmentent à mesure que les doses d'engrais diminuent • Il est difficile de trouver des débouchés pour les nouvelles cultures recommandées dans la rotation
	Clôture d'exclusion pour les bovins (avec abreuvement à l'écart des cours d'eau)	• Pratique coûteuse à implanter et à entretenir • Perte de surface de pâturage, mais hausse possible de la production de lait
	Détournement d'eaux pluviales (ruissellement autour de la ferme)	• Installation coûteuse • Pas d'avantages économiques à court terme pour le propriétaire

** Les résultats économiques reposent sur un à deux ans d'étude.*

Le réseau de petits barrages construits dans le bassin hydrographique du ruisseau Tobacco Sud produit déjà des retombées hors ferme. Toutefois, il faudra mieux quantifier ces retombées en procédant à des analyses plus poussées.

Des coûts de mise en œuvre élevés

D'après les résultats économiques préliminaires et obtenus à court terme, bon nombre des PGB semblent nécessiter des coûts de mise en œuvre et/ou de maintien élevés, sans offrir en retour de bonnes possibilités de retombées financières à la ferme. La grande majorité des 22 PGB comprises dans l'EPBH ont occasionné d'importants coûts aux propriétaires fonciers et ont eu des répercussions sur la rentabilité des fermes. Par exemple, la pose de clôtures d'exclusion du bétail, l'aménagement d'installations d'abreuvement à l'écart des cours d'eau et la construction de structures en terre (par exemple, étangs, terrasses de détournement) ont occasionné des coûts de départ élevés aux producteurs. D'autres PGB, comme la gestion du fumier, la rotation des cultures et l'utilisation réduite d'herbicides ont également entraîné une hausse des coûts annuels.

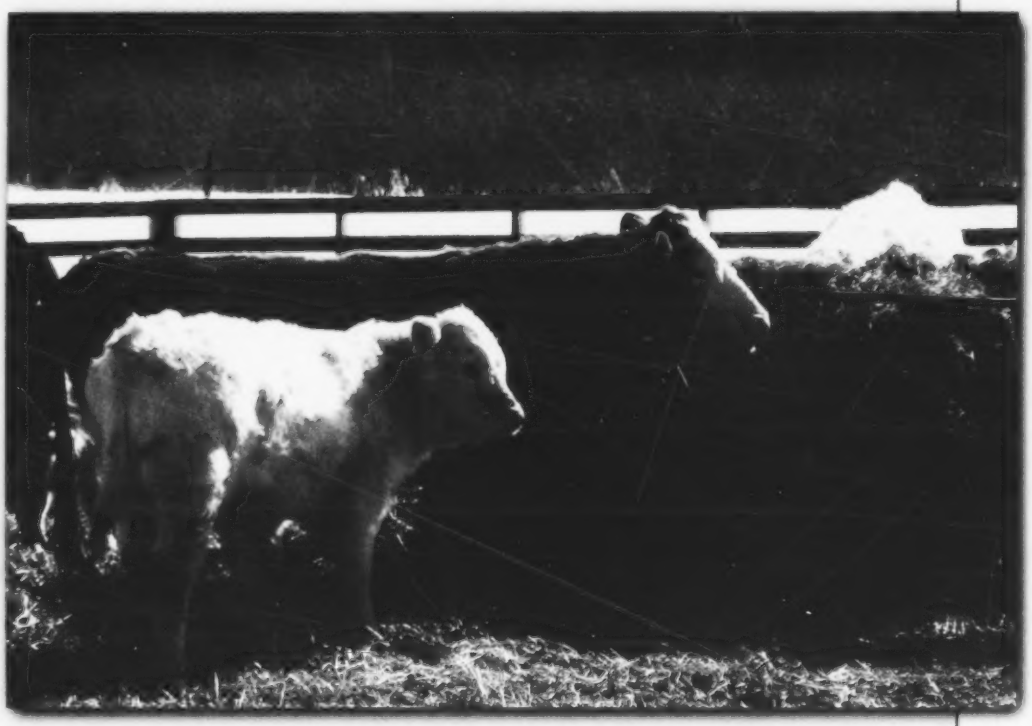
Dans ces circonstances, de nombreuses exploitations agricoles pourraient s'attendre à souffrir financièrement en adoptant ces PGB. De plus, d'après les résultats limités obtenus à ce jour grâce aux études biophysiques de l'EPBH, il est encore trop tôt pour dire si ces PGB engendreraient des avantages appréciables à long terme au-delà de la ferme. Lorsque les avantages publics seront documentés, les décideurs devraient avoir de nouvelles justifications pour offrir aux agriculteurs des incitatifs financiers ou réglementaires pour adopter ces PGB.

Peu d'avantages à la ferme

Près de 75 % des PGB évaluées offrent un potentiel de hausse de revenu à la ferme : bien que limitées, les retombées monétaires (légère augmentation des rendements ou

du gain de poids des bovins, etc.) peuvent contrecarrer une partie des frais de mise en œuvre des PGB. Par exemple, la conversion à la PGB de couverture végétale permanente (transition des céréales aux cultures fourragères) a changé le flux des revenus nets, et les recettes pourraient être encore plus touchées par l'utilisation future des terres converties au pâturage ou à la production fourragère. D'autres exemples obtenus dans des exploitations laitières ou d'élevage de bovins de boucherie indiquent que les coûts de construction de clôtures et d'installation d'abreuvement à l'écart des cours d'eau pourraient contribuer à l'amélioration des revenus provenant du lait ou de la viande bovine, grâce à l'assainissement de l'eau potable ou à la consommation accrue de l'eau rendue plus accessible. Néanmoins, la variation nette du revenu agricole liée à la mise en œuvre des PGB est généralement négative.

Les avantages évidents de la PGB du drainage souterrain, dans le bassin de la rivière Nation Sud, constituent un cas d'exception à cet égard. On a trouvé que cette pratique avait une incidence économique positive à la ferme, dans la mesure où la hausse des rendements de maïs et de soja permettait de rembourser les dépenses d'installation des canalisations après trois ou quatre ans.



La hausse du poids du bétail ou de la production laitière pourrait compenser une partie des coûts de la construction de clôtures d'exclusion et de l'installation de points d'abreuvement à l'écart des cours d'eau.

Avantages hors ferme

Certaines PGB auront des avantages environnementaux au-delà de la ferme. Par exemple, dans le bassin hydrographique du ruisseau Tobacco Sud, le réseau de petits réservoirs (régulation du débit en

aval pour prévenir les inondations) a déjà des retombées, et la PGB du bassin de retenue (réduction de la concentration de sédiments dans le ruisseau) pourrait aussi avoir des retombées en aval de la ferme. Lorsque les PGB ont une incidence positive sur l'environnement, il est possible d'attribuer une valeur à cette incidence. Une analyse plus approfondie devra être menée pour quantifier et évaluer ces avantages potentiels.

Un nombre limité d'études des avantages hors ferme (publics) ont déjà été entreprises dans le cadre de l'EPBH. Une enquête a permis d'évaluer les attitudes et les motivations des producteurs vis-à-vis de l'adoption de PGB dans le bassin versant du Bras d'Henri. Malgré le fait que la majorité des PGB n'ont pas influencé favorablement les revenus agricoles nets, de nombreux agriculteurs semblent néanmoins vouloir adopter certaines pratiques en raison des bienfaits visuels ou autres qu'ils ont observés (p. ex. amélioration de la végétation riveraine, réduction des odeurs de fumier).

D'autres études de modélisation économique ont été lancées pour prédire la combinaison de PGB susceptible d'offrir la solution la moins coûteuse pour obtenir une amélioration environnementale donnée à l'exutoire du bassin. Ces études, menées dans les bassins du ruisseau Tobacco Sud et du Bras d'Henri mettaient en opposition les coûts économiques de mise en œuvre des PGB, d'un côté, et les motivations des agriculteurs ainsi que la performance environnementale assumée pour chaque PGB, de l'autre. Les recherches ont montré, par exemple, qu'il peut être avantageux, dans un programme et un objectif d'efficacité des coûts donnés, de cibler des PGB dans certaines zones précises du bassin versant afin d'atteindre les résultats souhaités en fait de qualité de l'eau à l'exutoire du bassin.

Dans d'autres bassins versants de l'EPBH, différentes PGB pourraient s'avérer économiquement viables, mais il restera à

L'installation de points d'abreuvement à l'écart des cours d'eau pour le bétail peut coûter très cher aux producteurs.

quantifier leurs avantages à la ferme et hors ferme. En l'absence d'une telle preuve, les PGB qui ne peuvent prouver leur viabilité à la ferme sur le plan économique ou à tout le moins sur le plan environnemental, auront peu de chance d'être adoptées ou maintenues sans incitatif financier ou mesure d'encouragement prévue par la réglementation. Il en va de même pour les PGB qui offrent surtout des avantages hors ferme.

Comparaisons entre bassins versants

Encore une fois, malgré le fait que l'EPBH était délibérément conçue pour autre chose que la comparaison des effets des PGB dans les conditions uniques des différents bassins versants, certaines PGB ont été appliquées dans plus d'un bassin versant de l'EPBH, de sorte que les comparaisons économiques sont inévitables. Ainsi, les premières indications de ce que d'autres études économiques révéleront éventuellement plus tard au sujet des effets observés à plusieurs sites sont présentées ci-dessous :

Les clôtures d'exclusion constituent une PGB très onéreuse à laquelle se rattachent peu d'avantages financiers directs à court terme pour le propriétaire foncier.

- **Exclusion des bovins / clôtures le long des berges** (4 sites) – Les résultats économiques obtenus dans quatre bassins hydrographiques à travers le Canada (rivière Salmon, rivière Nation Sud, ruisseau Thomas) montrent que cette PGB est très coûteuse à mettre en place (p. ex. 6 000 $/km en C.-B.) et que les producteurs semblent en retirer peu d'avantages à court terme. Ces avantages peuvent comprendre l'augmentation du gain de poids des bovins (bovins de boucherie), et de la production laitière le cas échéant, due à l'amélioration de la qualité de l'eau et à la consommation accrue d'eau par les animaux dans des abreuvoirs situés à l'écart du cours d'eau. On pourrait également observer une légère amélioration de l'état de santé des pieds des bovins et une réduction du nombre d'accidents et de mortalité des bovins dus au risque de noyade.
- **Conversion à un couvert végétal permanent** (3 sites) – Les résultats économiques obtenus dans deux bassins versants des Prairies se répartissent comme suit : une légère réduction des liquidités de trésorerie (rivière Lower Little Bow); une hausse du revenu attribuable à la baisse des coûts de production dans le bassin du ruisseau Tobacco Sud (sans compter les éventuels gains de production bovine). Dans le bassin hydrographique du Bras d'Henri, où on pratique l'agriculture intensive, cette PGB a été très coûteuse à mettre en œuvre, à cause de la hausse des dépenses à court terme due à l'augmentation des superficies en fourrage au détriment des superficies de maïs dans la rotation des cultures. Selon les résultats de l'enquête auprès

des agriculteurs de la région, l'adoption de la cette PGB sera influencée positivement par l'âge et le niveau d'études des producteurs et la taille des exploitations, et elle sera influencée négativement par les coûts de main-d'œuvre.

- **Études sur la gestion du fumier et des nutriments** (3 sites) – Cette PGB a été appliquée dans trois scénarios très différents au Canada, mais son incidence économique était similaire dans les différents bassins hydrographiques. On a observé une réduction du revenu net dans une étude sur la *gestion du fumier de bovins de boucherie* dans le bassin de la rivière Lower Little Bow. Cette baisse de rentabilité était due à une combinaison de facteurs, soit les frais élevés de transport du fumier et les pertes de rendement dues à la réduction des nutriments disponibles. Dans le bassin hydrographique du Bras d'Henri, l'amélioration des pratiques d'épandage de *lisier de porc* a occasionné des coûts supplémentaires aux agriculteurs, mais ces coûts étaient proportionnellement moins élevés dans les fermes de grande culture, et plus élevés dans les fermes d'élevage. Les femmes et les propriétaires résidant à la ferme étaient plus enclins à adopter cette PGB. L'amélioration de la planification de la gestion des éléments nutritifs (*sources animales et chimiques*) dans le ruisseau Thomas (Nouvelle-Écosse) s'est révélée coûteuse à cause de la baisse prévue des rendements. Les pertes agricoles ont augmenté à mesure que les doses d'engrais diminuaient.
- **Bandes tampons** (2 sites) – Les résultats économiques des bandes tampons varient selon l'endroit et la composition de la flore. Dans le bassin versant de la rivière Lower Little Bow, on a établi un couvert végétal composé de graminées, d'arbustes et d'arbres. Les bandes gazonnées ont occasionné une légère réduction des liquidités, tandis que les bandes dans lesquelles on a planté des arbres et des arbustes ont occasionné des coûts élevés de mise en place. En outre, on estime que l'entretien sera également coûteux. Les coûts varieront en fonction de la largeur de la bande tampon et de la composition de la végétation, comparativement au degré souhaité de protection de l'environnement. Dans le bassin hydrographique du ruisseau Black, les bandes engazonnées ont coûté cher à établir, mais elles n'ont donné aucun avantage clair à court terme au propriétaire.

D'autres études devront être menées pour en savoir davantage sur l'incidence économique de toutes ces PGB. Ces connaissances seront utiles pour les futures recherches, tant dans le cadre de l'EPBH que pour d'autres projets de recherche.

Prochaines étapes

Les évaluations économiques entreprises pendant la première phase de l'EPBH se poursuivront dans les sites existants, et on intégrera un volet économique dans les études qui seront réalisées aux nouveaux sites.

À mesure que les résultats de la surveillance biophysique de l'EPBH deviendront disponibles, les données recueillies sur le terrain pourront être intégrées aux études économiques correspondantes afin d'améliorer le degré de confiance accordé aux analyses de coûts-avantages et aux résultats obtenus à la ferme.

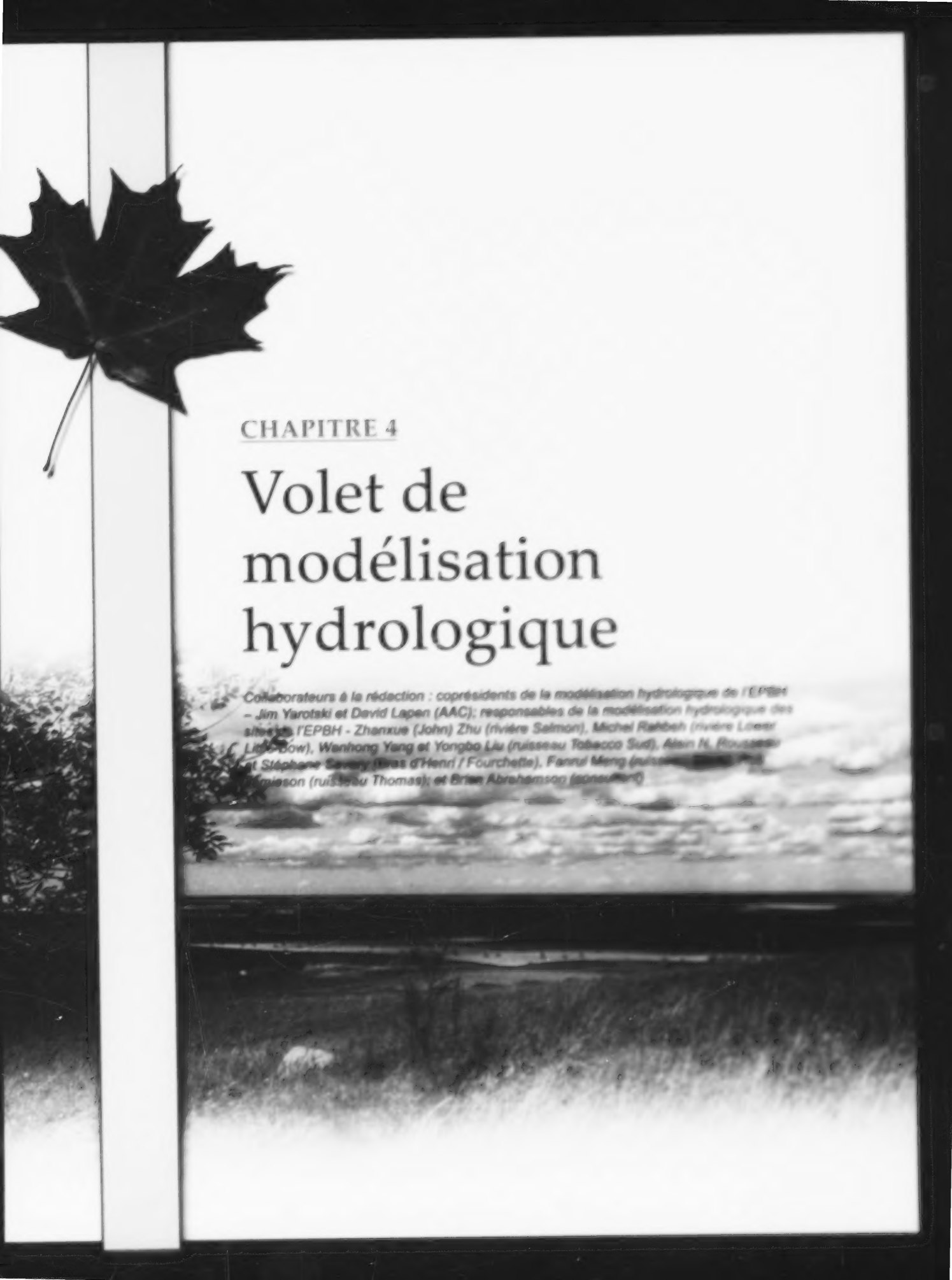
De toute évidence, il faudra valider les estimations préliminaires au sujet des avantages économiques (à la ferme et hors ferme) et élargir le champ d'évaluation de manière à inclure d'autres PGB à travers un large éventail de conditions dans les bassins hydrographiques, afin

que les décisions concernant l'adoption des PGB puissent être basées sur des renseignements complets au sujet des coûts et des avantages. Pour cette raison, on prévoit que la prochaine phase de l'EPBH comprendra un volet d'analyse des avantages économiques.

Il y aurait possibilité d'utiliser l'expérience acquise à ce jour dans le cadre de l'EPBH pour mettre au point et utiliser un mécanisme de présélection qui permettrait de cerner les PGB offrant les meilleures chances de produire d'importantes retombées financières à la ferme plutôt qu'un avantage hors ferme, et d'orienter les ressources d'enquête vers la quantification de ces effets. De plus, le fait de cibler certaines PGB dans des secteurs précis d'un bassin en vue d'obtenir les résultats environnementaux souhaités pourrait s'avérer rentable du point de vue des programmes.

Il serait possible de renforcer davantage l'applicabilité des études de l'EPBH aux politiques et aux programmes en établissant des liens entre ce que l'on connaît au sujet du rendement environnemental des PGB et les motivations économiques et non économiques des producteurs.

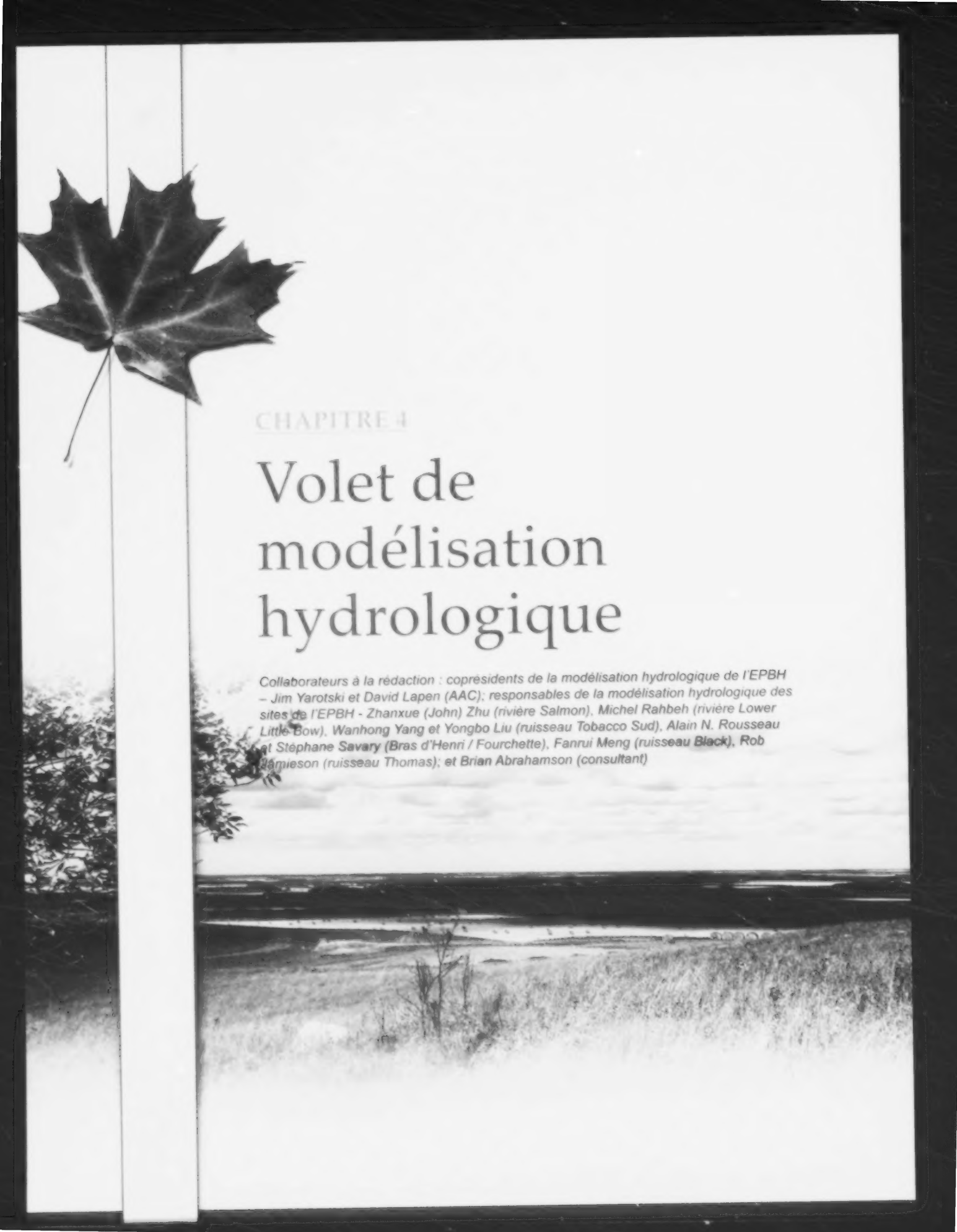
Les efforts vont se poursuivre en vue d'explorer les compromis entre l'amélioration de la qualité de l'eau et de la trésorerie des exploitations agricoles, et pour extrapoler les analyses économiques et les résultats à l'échelle des sous-bassins et des bassins hydrographiques. Pour ce faire, on pourrait élargir le champ des analyses économiques et/ou intégrer la modélisation hydrologique au volet de modélisation intégrée.



CHAPITRE 4

Volet de modélisation hydrologique

Collaborateurs à la rédaction : coprésidents de la modélisation hydrologique de l'EPBH – Jim Yarotski et David Lapen (AAC); responsables de la modélisation hydrologique des sites de l'EPBH - Zhanxue (John) Zhu (rivière Selmon), Michel Rahbeh (rivière Lower Little Bow), Wenhong Yang et Yongbo Liu (ruisseau Tobacco Sud), Alain N. Rousseau et Stéphane Savary (bras d'Henri / Fourchette), Fanrui Meng (ruisseau [illegible]), Jamieson (ruisseau Thomas); et Brian Abrahamson (consultant)



CHAPITRE 4

Volet de modélisation hydrologique

Collaborateurs à la rédaction : coprésidents de la modélisation hydrologique de l'EPBH – Jim Yarotski et David Lapen (AAC); responsables de la modélisation hydrologique des sites de l'EPBH - Zhanxue (John) Zhu (rivière Salmon), Michel Rahbeh (rivière Lower Little Bow), Wanhong Yang et Yongbo Liu (ruisseau Tobacco Sud), Alain N. Rousseau et Stéphane Savary (Bras d'Henri / Fourchette), Fanrui Meng (ruisseau Black), Rob Jamieson (ruisseau Thomas); et Brian Abrahamson (consultant)

SOMMAIRE

L'EPBH a fait appel à des modèles hydrologiques pour simuler l'hydrologie et la qualité de l'eau du bassin versant et pour évaluer l'efficacité des PGB. Ces modèles permettent de mieux comprendre les conditions existantes et les processus du bassin et d'extrapoler les résultats de façon à obtenir un point de vue régional sur les problèmes des grands bassins versants. Ainsi, la plupart des responsables de la modélisation de l'EPBH ont utilisé le Soil and Water Assessment Tool (SWAT). Un dérivé du SWAT a été employé dans le bassin Bras d'Henri, tandis qu'un modèle unidimensionnel sol-eau a été utilisé pour le projet de la rivière Nation Sud. Les modèles ont été modifiés afin de mieux s'adapter aux conditions locales et de tenir compte de PGB précises.

La plupart des résultats de la modélisation laissent entrevoir une réduction de la charge de sédiments et d'éléments nutritifs découlant de la mise en œuvre des PGB. Cependant, la courte période (deux ans) de l'étude initiale et la quantité limitée de données biophysiques et économiques post-PGB propres à un site ont nécessité l'utilisation de valeurs théoriques dans de nombreuses simulations. C'est pourquoi l'on considère que ces conclusions sont préliminaires. Les résultats se préciseront à mesure que des améliorations seront apportées aux modèles et que des données plus nombreuses par site seront disponibles.

L'annexe 1 présente de l'information sur la modélisation hydrologique à chaque bassin versant étudié dans le cadre de l'EPBH. De l'information spécifique sur le volet de modélisation intégrée de l'EPBH est fournie au chapitre 5.

Introduction

La modélisation hydrologique effectuée à chaque site du projet EPBH complète l'évaluation biophysique des PGB. Ces deux volets aident à produire des modèles informatiques améliorés et à mieux apprécier les conditions corollaires et les processus ayant cours dans les bassins versants. Ces modèles pourraient aussi permettre d'extrapoler l'information sur l'incidence des PGB à une plus grande échelle, et ce afin d'obtenir une perspective régionale au sujet des problèmes affectant de plus vastes bassins hydrographiques.

Les objectifs des études de modélisation hydrologique de l'EPBH sont les suivants :

- simuler l'hydrologie et la qualité de l'eau des bassins versants dans les conditions existantes en utilisant un modèle hydrologique reconnu

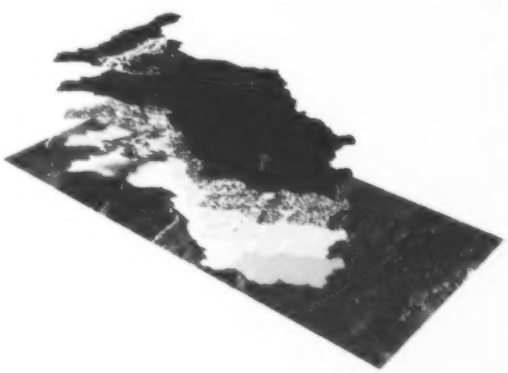


Photo : R. Jamieson and K. Garroway, Dalhousie University

Les couches de données sont utilisées pour classifier les bassins hydrographiques en unités de réponse hydrologique (URH) — représentant des zones de caractéristiques hydrologiques semblables.

- employer une version étalonnée et validée du modèle pour évaluer l'efficacité des PGB à réduire les effets négatifs des eaux de ruissellement agricoles dans les bassins versants témoins et les bassins plus étendus

Concepts de modélisation hydrologique

Un modèle hydrologique est un logiciel informatique qui simule le ruissellement des eaux dans un bassin versant sous l'effet des pluies. Pour ce faire, le modèle représente le bassin hydrographique grâce à un système interconnecté de composantes hydrologiques qui reflètent les propriétés générales et les déplacements de l'eau dans le bassin versant. Autrement dit, les modèles hydrologiques sont des représentations conceptuelles simplifiées des éléments essentiels du cycle hydrologique.

Les modèles hydrologiques utilisés dans le cadre de l'EPBH produisent des simulations continues de l'hydrologie, des déplacements de sédiments et de substances agro-chimiques et de la qualité de l'eau dans le bassin versant. Les principaux intrants comprennent de l'information sur le climat, les propriétés du sol, la topographie, la végétation et les pratiques de gestion des terres. Les chercheurs de l'EPBH ont renforcé leurs modèles au besoin en ajoutant des modules qui représentent avec plus de précision les processus physiques spécifiques.

Approche de l'étude

Les responsables de la modélisation dans cinq des sept bassins versants de l'étude ont utilisé le SWAT. Cela fait plus de 30 ans que le service de recherche agricole de l'USDA met au point des modèles hydrologiques. Le SWAT est un modèle qui simule, à l'aide de puits, les processus hydrologiques qui agissent sur la qualité de l'eau à l'échelle du bassin versant. Certains éléments du SWAT ont été modifiés afin de mieux refléter le climat canadien et de tenir compte de certaines PGB.

Le modèle GIBSI (Gestion Intégrée par Bassin Versant à l'aide d'un Système Informatisé), un système intégré de modélisation hydrologique et économique dont une des composantes reprend le principe du SWAT, a été utilisé dans le bassin versant du Bras d'Henri au Québec. Dans le bassin hydrographique de la rivière Nation Sud, un modèle unidimensionnel d'étude du sol et de l'eau a été utilisé pour prédire la recharge des eaux souterraines et le débit des canalisations de drainage.

La figure 3 montre le processus de modélisation des bassins versants utilisé dans l'EPBH.

Étape 1 : Amélioration des données et configuration du bassin versant

Initialement, les données d'entrée ont été préparées en choisissant la période couverte par la modélisation, en convertissant des données historiques dans un format utilisable par le modèle, en sélectionnant des données représentatives sur les précipitations et en définissant la configuration du bassin versant en utilisant un modèle d'élévation numérique. Un système d'information géographique (SIG) a été utilisé pour faciliter l'interprétation des limites et des profils de drainage et pour délimiter des unités géographiques aux fins de l'analyse hydrologique. Les bassins versants ont été divisés en sous-bassins versants, en tronçons et en unités hydrologiques qui couvraient des zones présentant des caractéristiques hydrologiques similaires (en fait d'utilisation des sols, de type de sol et de topographie ou pente).

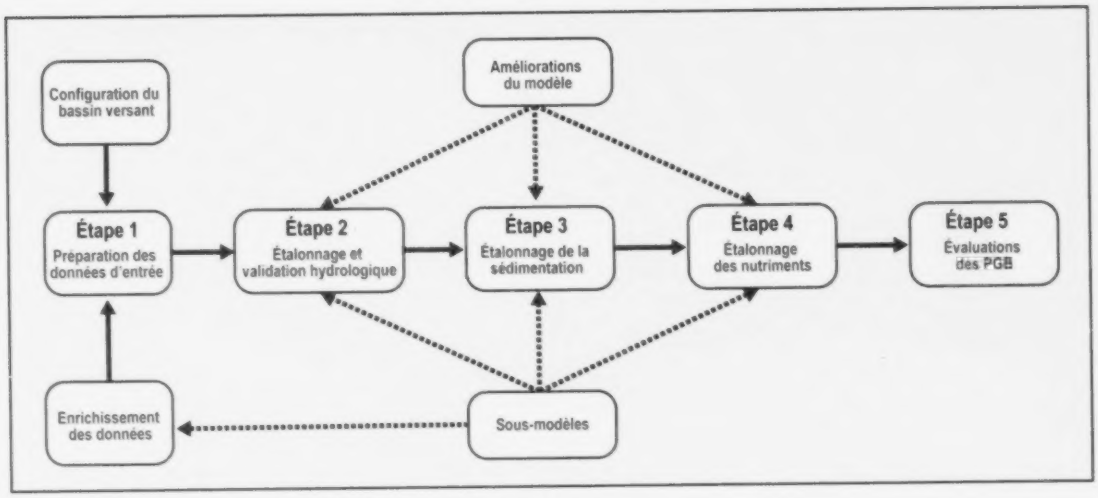


Figure 3 : Processus de modélisation de l'EPBH

(gracieuseté de Brian Abrahamson)

Étapes 2 à 4 : Hydrologie, sédiments et qualité de l'eau - Étalonnage et validation

L'étalonnage est un ajustement des paramètres du modèle qui vise à optimiser la concordance entre les données observées et les données projetées par le modèle. La validation est la comparaison des résultats du modèle avec un ensemble indépendant de données (sans autre ajustement au modèle).

L'étalonnage et la validation du modèle hydrologique ont été effectués à la plupart des sites afin de prédire le ruissellement de surface et la charge de sédiments et de nutriments à l'exutoire du bassin, ainsi qu'à des points intermédiaires dans le bassin versant. Le modèle validé pouvait alors être utilisé pour évaluer l'effet des PGB.

On commence par étalonner l'hydrologie du bassin versant. Les principaux intrants sont les précipitations, la température et les paramètres de débit qui définissent les processus hydrologiques. Il s'agit notamment de la quantité et du taux de ruissellement, de la fonte des neiges, de l'infiltration et de l'écoulement vers les eaux souterraines.

L'étape suivante consiste à modéliser les processus liés aux sédiments. Des ajustements sont apportés aux paramètres qui influent sur la sédimentation, à savoir l'érosion de la surface des terres et du lit du ruisseau, et les processus de déplacement des sédiments.

L'étape finale consiste à modéliser la qualité nette de l'eau. Dans le cadre du projet EPBH, la qualité de l'eau se définit généralement par la charge de sédiments et de nutriments. Dans certains bassins, la modélisation de la qualité de l'eau comprenait également le déplacement des bactéries et des pesticides.

Étape 5 : Évaluation des PGB

Une fois calibré et validé, le modèle peut être utilisé pour estimer les effets des PGB sur la qualité des eaux de surface à l'exutoire du bassin et, dans certains cas, à des points intermédiaires dans le bassin versant.

L'efficacité de l'évaluation des PGB dépend de la capacité du modèle à simuler

les processus physiques et chimiques à l'intérieur du bassin versant, et à sa capacité à décrire comment ces PGB modifient les processus en question. L'information utilisée pour évaluer les PGB est dérivée de données ou d'expériences obtenues sur le terrain et/ou en ajustant les paramètres dans le modèle.

Résultats de la modélisation hydrologique

Dans l'EPBH, les modèles hydrologiques ont pour objet de prendre des données biophysiques sur les PGB à l'échelle du micro-bassin et de la lisière du champ et de les projeter à l'échelle du bassin versant. Le cas échéant, les données biophysiques recueillies au sein du micro-bassin hydrographiques et dans le bassin versant qui l'entoure ont été utilisées pour valider les modèles. Dans la plupart des cas, ces données sur les PGB n'étaient pas disponibles lorsque les modèles ont été testés, de sorte qu'on s'est servi des articles publiés ou de modèles simplifiés. La complexité et la validité des différents modèles variaient dans les sept bassins hydrographiques de l'EPBH, en fonction des pratiques agronomiques, du climat, de l'utilisation des terres, de la topographie, des types de sol et d'autres caractéristiques propres aux bassins versants.

L'étalonnage des modèles a été effectué dans la plupart des bassins hydrographiques de l'EPBH. Dans trois des sites (ruisseau Tobacco Sud, Bras d'Henri / Beaurivage, et ruisseau Black), les modèles ont été étalonnés afin de prédire trois composantes, soit l'hydrologie du bassin versant et les déplacements de sédiments et de nutriments. Les effets des PGB ont été évalués dans tous les bassins versants, à l'exception du bassin de la rivière Lower Little Bow, qui sera étudié durant la prochaine phase de l'EPBH. De nombreuses modifications ou des ajouts ont dû être apportés aux modèles principaux afin de modéliser correctement certaines pratiques de gestion bénéfiques. Ces changements sont décrits plus en détail dans l'annexe 1. On a aussi extrapolé les effets des PGB du champ à la grandeur du bassin dans certains sites.

Le tableau 7 résume la situation du volet de modélisation hydrologique dans chacun des bassins versants de l'EPBH.

Tableau 7 : Utilisation des modèles hydrologiques dans les bassins hydrographiques de l'EPBH (2006/7 - 2007/8)

Bassin versant	Modèle(s) principal(aux)	Superficie	Étalonnage et validation du modèle terminés			Évaluations des PGB réalisées*	Modification et mise au point du modèle
			Hydrology	Sediment	Nutriments		
Rivière Salmon	SWAT combiné à un modèle de projection de la qualité de l'eau sur le plan bactériologique	1 500 km² Bassin versant de la rivière Salmon	Oui	Non	En partie	Oui	Un modèle simulant le déplacement des bactéries depuis le bétail jusque dans le cours d'eau a été élaboré.
Rivière Lower Little Bow	SWAT	26 km² Bassin versant de la rivière Lower Little Bow	En partie	Non	Non	Non	Un volet irrigation a été intégré au SWAT.

Bassin versant	Modèle(s) principal(aux)	Superficie	Étalonnage et validation du modèle terminés			Évaluations des PGB réalisées*	Modification et mise au point du modèle
			Hydrology	Sediment	Nutriments		
Ruisseau Tobacco Sud	SWAT	74 km² Bassin versant du ruisseau Tobacco Sud	Oui	Oui	Oui	Oui	
Rivière Nation Sud	Modèles unidimensionnels de débit sol-eau	Deux micro-bassins de 2,3 km² et 4,8 km²	Non	Non	Non	En partie	
Bras d'Henri	GIBSI	742 km² Bassin versant de la Beaurivage qui comprend les 167 km² du bassin versant du Bras d'Henri	Oui	Oui	Oui	Oui	
Ruisseau Black	SWAT	14,5 km² Bassin versant du ruisseau Black	Oui	Oui	En partie	Oui	

les processus physiques et chimiques à l'intérieur du bassin versant, et à sa capacité à décrire comment ces PGB modifient les processus en question. L'information utilisée pour évaluer les PGB est dérivée de données ou d'expériences obtenues sur le terrain et/ou en ajustant les paramètres dans le modèle.

Résultats de la modélisation hydrologique

Dans l'EPBH, les modèles hydrologiques ont pour objet de prendre des données biophysiques sur les PGB à l'échelle du micro-bassin et de la lisière du champ et de les projeter à l'échelle du bassin versant. Le cas échéant, les données biophysiques recueillies au sein du micro-bassin hydrographiques et dans le bassin versant qui l'entoure ont été utilisées pour valider les modèles. Dans la plupart des cas, ces données sur les PGB n'étaient pas disponibles lorsque les modèles ont été testés, de sorte qu'on s'est servi des articles publiés ou de modèles simplifiés. La complexité et la validité des différents modèles variaient dans les sept bassins hydrographiques de l'EPBH, en fonction des pratiques agronomiques, du climat, de l'utilisation des terres, de la topographie, des types de sol et d'autres caractéristiques propres aux bassins versants.

L'étalonnage des modèles a été effectué dans la plupart des bassins hydrographiques de l'EPBH. Dans trois des sites (ruisseau Tobacco Sud, Bras d'Henri / Beaurivage, et ruisseau Black), les modèles ont été étalonnés afin de prédire trois composantes, soit l'hydrologie du bassin versant et les déplacements de sédiments et de nutriments. Les effets des PGB ont été évalués dans tous les bassins versants, à l'exception du bassin de la rivière Lower Little Bow, qui sera étudié durant la prochaine phase de l'EPBH. De nombreuses modifications ou des ajouts ont dû être apportés aux modèles principaux afin de modéliser correctement certaines pratiques de gestion bénéfiques. Ces changements sont décrits plus en détail dans l'annexe 1. On a aussi extrapolé les effets des PGB du champ à la grandeur du bassin dans certains sites.

Le tableau 7 résume la situation du volet de modélisation hydrologique dans chacun des bassins versants de l'EPBH.

Tableau 7 : Utilisation des modèles hydrologiques dans les bassins hydrographiques de l'EPBH (2006/7 - 2007/8)

Bassin versant	Modèle(s) principal(aux)	Superficie	Étalonnage et validation du modèle terminés			Évaluations des PGB réalisées*	Modification et mise au point du modèle
			Hydrology	Sediment	Nutriments		
Rivière Salmon	SWAT combiné à un modèle de projection de la qualité de l'eau sur le plan bactériologique	1 500 km² Bassin versant de la rivière Salmon	Oui	Non	En partie	Oui	Un modèle simulant le déplacement des bactéries depuis le bétail jusque dans le cours d'eau a été élaboré.
Rivière Lower Little Bow	SWAT	26 km² Bassin versant de la rivière Lower Little Bow	En partie	Non	Non	Non	Un volet irrigation a été intégré au SWAT.

Bassin versant	Modèle(s) principal(aux)	Superficie	Étalonnage et validation du modèle terminés			Évaluations des PGB réalisées*	Modification et mise au point du modèle
			Hydrology	Sediment	Nutriments		
Ruisseau Tobacco Sud	SWAT	74 km^2 Bassin versant du ruisseau Tobacco Sud	Oui	Oui	Oui	Oui	Des modules par PGB ont été élaborés dans le SWAT ou en combinaison avec d'autres modèles.
Rivière Nation Sud	Modèles unidimensionnels de débit sol-eau	Deux micro-bassins de 2,3 km^2 et 4,8 km^2	Non	Non	Non	En partie	Des modèles de dénitrification et de décomposition (DNDC) et MACRO ont été modifiés pour prévoir l'incidence du drainage souterrain.
Bras d'Henri	GIBSI	742 km^2 Bassin versant de la Beaurivage qui comprend les 167 km^2 du bassin versant du Bras d'Henri	Oui	Oui	Oui	Oui	La trousse GIBSI comprend un SIG, un système de gestion de bases de données relationnelles, un modèle hydrologique, des modèles distincts pour le déplacement et l'aboutissement des contaminants, et des modules de définition des scénarios de gestion et la réalisation d'une analyse des coûts-avantages environnementaux de la PGB.
Ruisseau Black	SWAT	14,5 km^2 Bassin versant du ruisseau Black	Oui	Oui	En partie	Oui	Un modèle a été élaboré pour prédire l'effet des bandes tampons gazonnées et des voies d'eau gazonnées en cas de forte pluie.

Bassin versant	Modèle(s) principal(aux)	Superficie	Étalonnage et validation du modèle terminés			Évaluations des PGB réalisées*	Modification et mise au point du modèle
			Hydrology	Sediment	Nutriments		
Ruisseau Thomas	SWAT	7,6 km² Bassin versant du ruisseau Thomas	Étalonnage journalier	Non	Oui	Oui	Les effets de la PGB ont été étudiés en ajustant les paramètres dans le SWAT. Diverses approches d'élaboration des modèles pourraient être examinées à l'avenir afin d'intégrer divers processus dans le cadre de modélisation.

*Si, dans le présent cas, les évaluations de PGB étaient fondées sur des données brutes d'études publiées, les données obtenues, qui ne portaient pas sur le bassin, ont été utilisées dans certaines études de l'EPBH.

Difficultés d'ordre analytique

Étant donné que les études de modélisation hydrologique de l'EPBH n'ont débuté que deux ans après le lancement du projet, les analyses hydrologiques ne sont pas aussi définitives que si les données avaient été recueillies sur une plus longue période. En outre, étant donné que les données biophysiques recueillies à chaque site pour les différentes pratiques de gestion bénéfiques étaient indisponibles pour la plupart des bassins versants, les hydrologistes ont souvent dû utiliser dans un premier temps des données provenant de sources publiées. Par conséquent, les résultats sont généralement fondés sur des estimations calculées par modélisation plutôt que sur des chiffres recueillis sur le terrain. Ces résultats hydrologiques doivent être considérés comme préliminaires et bénéficieront de l'apport continu de données de terrain.

En outre, un certain nombre de lacunes ont été mises en lumière dans la modélisation hydrologique de l'EPBH, en raison des données manquantes ou insuffisantes et du manque de capacité au sein du modèle à prédire certaines conditions propres au site. Ces problèmes ne se sont pas présentés à l'imprévu, et pour la plupart, les lacunes devraient être comblées avec le temps et des ressources supplémentaires.

Besoins en données

Le manque de données biophysiques et agronomiques locales était un problème courant dans le cadre de l'EPBH, et il a empêché le bon étalonnage de nombreux modèles. Dans plusieurs bassins versants de l'EPBH, les modèles ont été étalonnés d'après quelques années seulement de données de terrain. Comme il faut plus de temps pour surmonter les problèmes liés à la variabilité du débit et des conditions

Bassin versant	Modèle(s) principal(aux)	Superficie	Étalonnage et validation du modèle terminés			Évaluations des PGB réalisées*	Modification et mise au point du modèle
			Hydrology	Sediment	Nutriments		
Ruisseau Thomas	SWAT	7,6 km² Bassin versant du ruisseau Thomas	Étalonnage et validation	Oui	Oui	Oui	Les effets de la PGB ont été évalués en ajustant les paramètres dans le SWAT. Diverses approches d'attribution des rendements possibles ont été examinées à l'aval afin d'intégrer divers processus dans le cadre de modélisation.

**Si, dans la plupart des cas, les évaluations de PGB étaient fondées sur des données tirées d'études publiées, les données obtenues sur le terrain ont été utilisées dans certaines études de l'EPBH.*

Difficultés d'ordre analytique

Étant donné que les études de modélisation hydrologique de l'EPBH n'ont débuté que deux ans après le lancement du projet, les analyses hydrologiques ne sont pas aussi définitives que si les données avaient été recueillies sur une plus longue période. En outre, étant donné que les données biophysiques recueillies à chaque site pour les différentes pratiques de gestion bénéfiques étaient indisponibles pour la plupart des bassins versants, les hydrologistes ont souvent dû utiliser dans un premier temps des données provenant de sources publiées. Par conséquent, les résultats sont généralement fondés sur des estimations calculées par modélisation plutôt que sur des chiffres recueillis sur le terrain. Ces résultats hydrologiques doivent être considérés comme préliminaires et bénéficieront de l'apport continu de données de terrain.

En outre, un certain nombre de lacunes ont été mises en lumière dans la modélisation hydrologique de l'EPBH, en raison des données manquantes ou insuffisantes et du manque de capacité au sein du modèle à prédire certaines conditions propres au site. Ces problèmes ne se sont pas présentés à l'imprévu, et pour la plupart, les lacunes devraient être comblées avec le temps et des ressources supplémentaires.

Besoins en données

Le manque de données biophysiques et agronomiques locales était un problème courant dans le cadre de l'EPBH, et il a empêché le bon étalonnage de nombreux modèles. Dans plusieurs bassins versants de l'EPBH, les modèles ont été étalonnés d'après quelques années seulement de données de terrain. Comme il faut plus de temps pour surmonter les problèmes liés à la variabilité du débit et des conditions

climatiques, la confiance accordée aux scénarios de modélisation et aux extrapolations (dans l'espace et dans le temps) reste limitée.

Capacité de modélisation

En comparant les chiffres produits par les modèles aux chiffres observés (recueillis), on a cerné des lacunes dans la capacité des modèles à prendre en compte les conditions locales dans un certain nombre d'études de l'EPBH. Les modèles fonctionnaient relativement bien pour les PGB non structurelles, mais le SWAT n'a pas pu modéliser adéquatement l'effet des PGB structurelles, comme les terrasses de contournement, qui ont nécessité l'élaboration de modèles indépendants. La modélisation avec le SWAT des zones riveraines et des bandes tampons gazonnées laissait aussi à désirer et nécessitait des améliorations.

Quatre bassins versants ont révélé des lacunes liées au SWAT lorsque les chercheurs tentaient de modéliser le débit et la qualité de l'eau pendant les périodes de fonte de neige hivernales et printanières.

À certains sites de l'EPBH, l'étalonnage des modèles permettant d'évaluer efficacement le rendement des PGB au niveau des petits bassins versants s'est avéré difficile. Les résultats étaient meilleurs dans les bassins versants plus étendus.

Le SWAT donnait de meilleurs résultats en ce qui a trait à la modélisation de PGB non structurelles—comme les plans de gestion des nutriments—par rapport aux PGB structurelles, telles que les terrasses de déviation ou les zones riveraines tampons, lesquelles nécessitent la mise au point de modèles individuels.

Conclusions

La modélisation hydrologique effectuée dans le cadre de l'EPBH s'est avérée prometteuse en ce qui a trait à l'étalonnage et la validation des modèles. Elle a permis de commencer à modéliser les effets des PGB et d'extrapoler les résultats à des bassins versants de plus grande étendue. Dans l'ensemble, le SWAT et le GIBSI ont montré un bon potentiel pour ce qui est de simuler l'hydrologie des bassins versants et le déplacement des sédiments et des nutriments, afin d'évaluer l'incidence des PGB dans les bassins versants agricoles. La plupart des résultats de la modélisation laissent entrevoir une réduction de la charge de sédiments et de nutriments par suite de la mise en œuvre des PGB.

Dans de nombreux cas, les résultats des PGB reposent principalement sur des données obtenues dans des études publiées plutôt que sur des données recueillies. Les résultats de la modélisation bénéficieront des améliorations apportées aux modèles et de l'intégration des données biophysiques recueillies dans les champs de l'étude.

Les lignes directrices élaborées pour le projet CEAP de l'USDA ont été utilisées pour évaluer la qualité des étalonnages et des validations des modèles hydrologiques. Grâce à ces critères, la plupart des études de modélisation de l'EPBH ont donné des résultats allant de « bons » à « excellents » pour la prédiction des débits, et des résultats « acceptables » pour la prédiction du déplacement des sédiments et des

Les modélisateurs de l'EPBH ont adapté le SWAT afin qu'il convienne davantage aux conditions météorologiques canadiennes.

nutriments. Toutefois, il faudrait consacrer des efforts supplémentaires à la plupart des modèles pour déterminer leur performance saisonnière et à long terme.

Des travaux supplémentaires devront être menés pour fournir des résultats plus uniformes au niveau des sous-bassins versants et pour intégrer les chiffres obtenus sur le terrain dans l'étalonnage et les simulations des modèles. La confiance dans l'extrapolation des évaluations des PGB augmentera à mesure que la qualité des modèles et des données d'entrée s'améliorera. Globalement, les résultats de modélisation exigeront une évaluation plus approfondie avant de pouvoir être considérés comme acceptables pour l'utilisation dans la conception, la sélection et l'évaluation des PGB, ou pour la prise de décisions aux fins des politiques et des programmes.

Prochaines étapes

À l'avenir, la modélisation hydrologique de l'EPBH comprendra d'autres activités d'étalonnage et de validation et d'autres modifications. Il faudra commencer ou poursuivre l'évaluation des PGB dans tous les bassins hydrographiques de l'EPBH. Les responsables de la modélisation commenceront à extrapoler leurs résultats aux bassins versants plus étendus et pourront inclure, dans certains cas, des paramètres économiques.

La simulation des processus ayant cours dans les bassins versants pourrait se prêter à un certain nombre d'utilisations finales en matière de modélisation, pour plusieurs pratiques d'utilisation des terres et plusieurs éléments du sol et du paysage, en fonction de différentes conditions climatiques (figure 4). Les modèles pourraient également être appliqués à d'autres bassins versants présentant des conditions hydrologiques et agronomiques similaires.

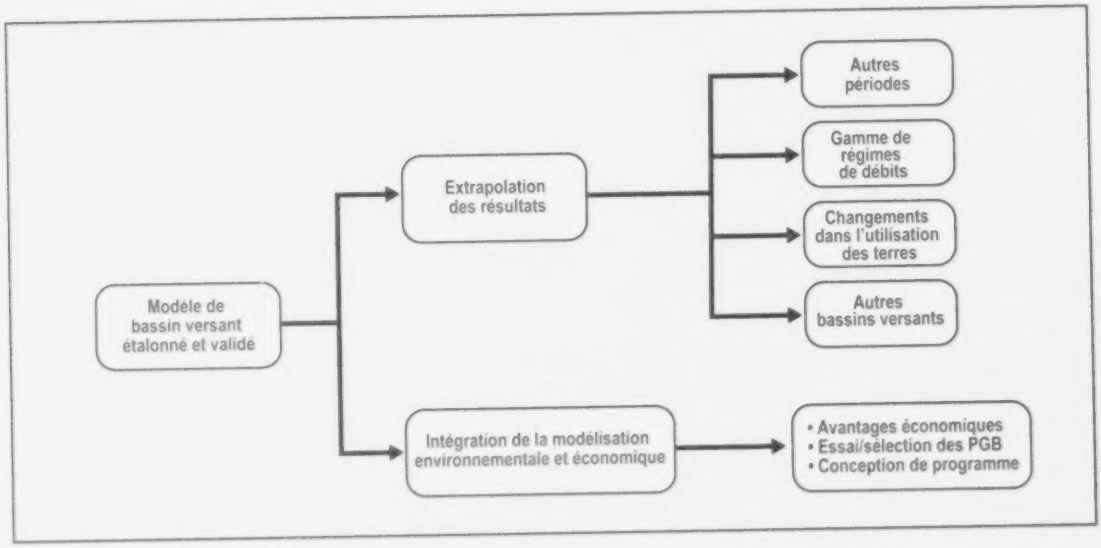


Figure 4 : Applications potentielles des résultats de modélisation de l'EPBH

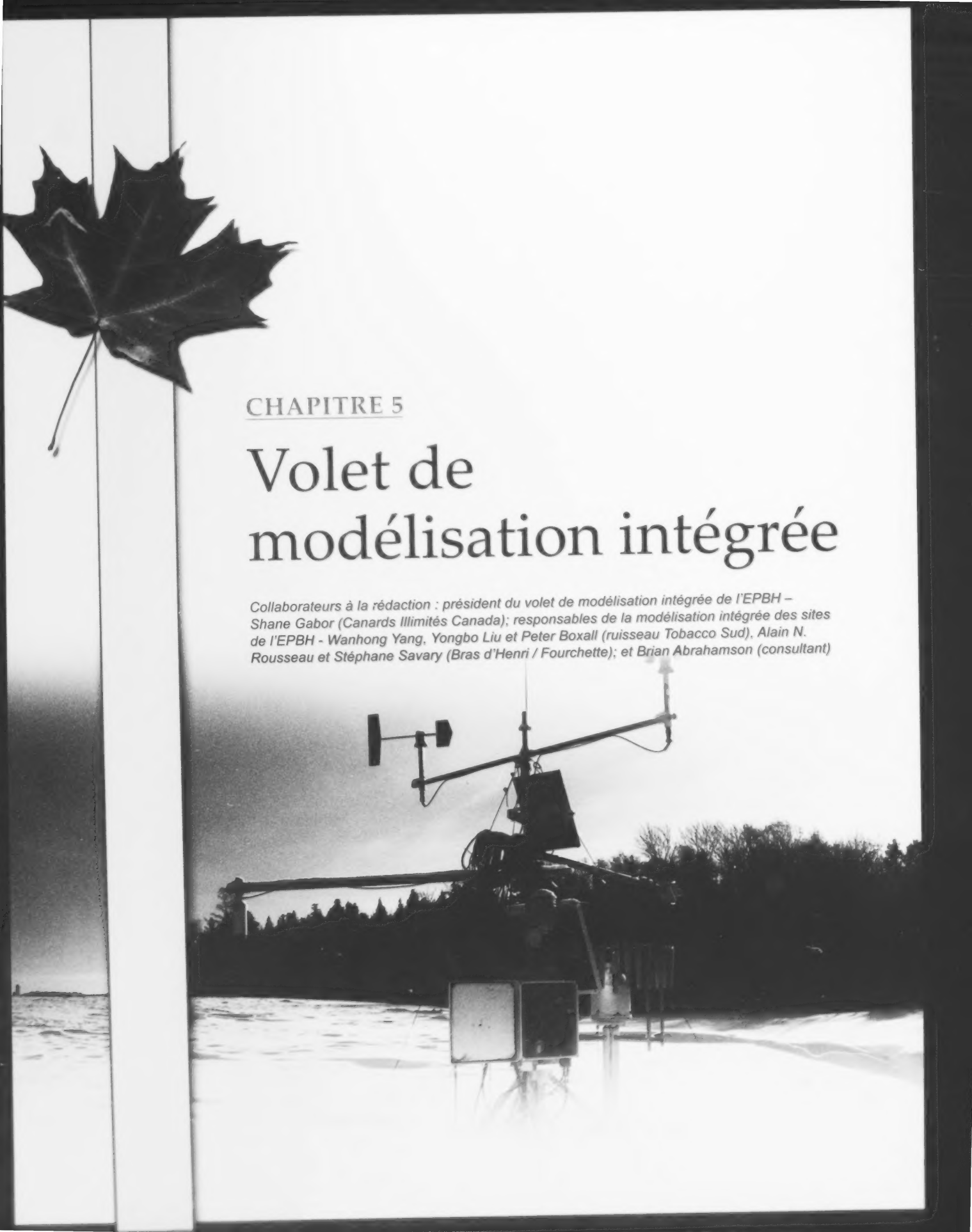
Les responsables de la modélisation de l'EPBH bénéficieront de l'expérience acquise au cours de la première phase du projet et des autres activités de modélisation sans rapport avec l'EPBH qui aideront au perfectionnement des modèles. Parmi les possibilités de collaboration au sujet de la modélisation de l'EPBH figurent les projets de perfectionnement suivants :

- une routine de fonte de neige adaptée aux climats froids (à l'essai dans les bassins versants des ruisseaux Thomas, Black et Tobacco Sud et de la rivière Salmon)
- une routine de drainage souterrain qui conviendrait aux systèmes SWAT, GIBSI et/ou à d'autres systèmes de modélisation (bassins hydrographiques Bras d'Henri, ruisseau Thomas, rivière Nation Sud)
- des modèles permettant de mesurer l'efficacité des PGB telles que les bandes tampons gazonnées, ou de mesurer l'efficacité des zones riveraines naturelles

CHAPITRE 5

Volet de modélisation intégrée

Collaborateurs à la rédaction : président du volet de modélisation intégrée de l'EPBH – Shane Gabor (Canards Illimités Canada); responsables de la modélisation intégrée des sites de l'EPBH - Wanhong Yang, Yongbo Liu et Peter Boxall (ruisseau Tobacco Sud), Alain N. Rousseau et Stéphane Savary (Bras d'Henri / Fourchette); et Brian Abrahamson (consultant)



SOMMAIRE

On se sert de la modélisation intégrée dans les projets pilotes menés dans deux bassins hydrographiques de l'EPBH : le ruisseau Tobacco Sud au Manitoba et le Bras d'Henri (qui englobe le bassin Beaurivage) au Québec. La modélisation intégrée prévoit différents facteurs dans un cadre décisionnel pour évaluer les effets environnementaux et économiques combinés et à long terme de la mise en œuvre des PGB.

Des évaluations hydrologiques et économiques approfondies ont été menées aux deux sites pilotes pour fournir des données aux modèles intégrés. Les études économiques ont d'abord été réalisées à l'échelle réelle, puis extrapolées au niveau plus large et représentatif de la ferme. Des modèles économiques ont permis d'estimer les coûts de PGB particulières et de combinaisons de PGB à l'échelle de la ferme et du bassin hydrographique. On a fait appel à un modèle de comportement des fermes ou à une approche axée sur l'étude des fermes pour élaborer des scénarios relatifs à l'adoption des PGB.

D'importants progrès ont été réalisés en vue d'intégrer des facteurs hydrologiques, économiques et comportementaux des fermes dans un outil d'aide à la prise de décisions pour la planification des bassins hydrographiques. Un volet sur le prototype de modélisation intégrée a été mis au point pour le ruisseau Tobacco Sud. Les activités de modélisation dans le bassin Bras d'Henri ont permis de mieux comprendre l'impact probable des PGB à l'échelle de la ferme et du bassin hydrographique. Les prochaines étapes comprennent l'application d'autres données de terrain propres au site et l'intégration des modèles économiques.

Introduction

L'objectif du volet de modélisation intégrée de l'EPBH est d'incorporer des facteurs hydrologiques, économiques et agricoles et des comportements agricoles dans un cadre de décision afin d'évaluer les effets environnementaux et économiques de la mise en œuvre des PGB.

La modélisation intégrée peut aider à extrapoler les incidences combinées sur la qualité de l'eau et la situation économique (coûts et avantages) de la mise en œuvre des PGB seules ou en combinaison à divers endroits et à différents degrés de concentration dans un bassin versant. Il est nécessaire d'agir ainsi pour mieux comprendre et prévoir les coûts, les avantages et les effets environnementaux de l'application de pratiques de gestion bénéfiques sur des zones de plus en plus étendues et pour des périodes plus longues. Il s'agit notamment de prévoir à quel endroit dans le paysage une PGB est susceptible d'avoir le plus grand effet. Les modèles intégrés peuvent aider les décideurs politiques et les décideurs des programmes à identifier l'efficacité des incitatifs financiers ou réglementaires mis en place pour encourager les producteurs à adopter les PGB. Le cadre de modélisation intégrée de l'EPBH est représenté à la figure 5.

Approche de l'étude

Projets pilotes

Deux projets pilotes de modélisation intégrée sont en cours dans les bassins versants du ruisseau Tobacco Sud, au Manitoba, et du Bras d'Henri (et du bassin hydrographique de la rivière Beaurivage qui l'englobe), au Québec. Ces sites ont été sélectionnés en raison de la disponibilité

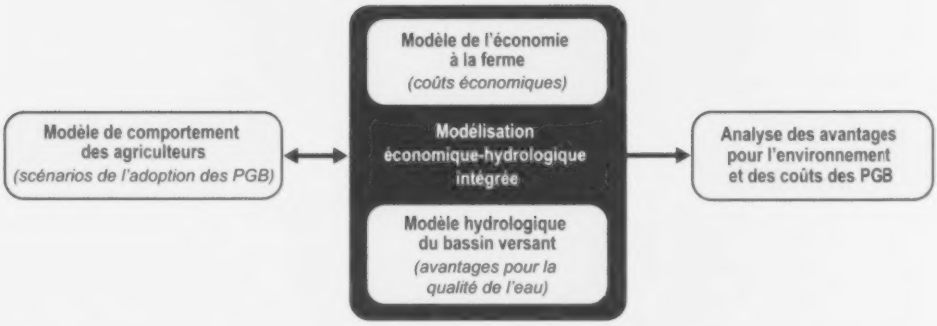


Figure 5 : Cadre[7] de modélisation économique-hydrologique intégrée (Yang et al. 2007)

des données, afin d'obtenir une variété d'approches de modélisation, et en tenant compte du risque de s'appuyer sur un seul site pilote pour différencier les résultats. Les deux sites pilotes ont fait des progrès significatifs vers l'atteinte des objectifs de modélisation intégrée. Cependant, d'autres travaux devront être menés pour mettre au point un outil de planification efficace dans les deux projets pilotes. Ces travaux devraient avoir lieu au cours de la prochaine phase de l'EPBH.

Des évaluations hydrologiques approfondies ont été menées aux deux sites pilotes en vue de modéliser les avantages des PGB mises en œuvre pour améliorer la qualité de l'eau. Ces sites pilotes ont accumulé une bonne quantité de données historiques et de modélisation à long terme à l'échelle du bassin hydrographique qui les englobe.

Les évaluations économiques étaient généralement plus détaillées dans les sites pilotes de modélisation intégrée, car les données économiques étaient plus facilement accessibles que pour les autres bassins de l'EPBH. Ces évaluations ont d'abord été menées à l'échelle du champ, puis élargies à l'échelle de la ferme, pour une meilleure représentativité. Des modèles économiques ont été utilisés pour estimer les coûts de certaines PGB et de combinaisons de PGB, à la ferme et à l'échelle des bassins versants.

À l'intérieur du système de modélisation intégrée, un modèle du comportement des agriculteurs ou un sondage auprès des producteurs ont permis d'élaborer des scénarios concernant l'adoption des PGB. Ces scénarios, de pair avec les modèles hydrologiques et économiques, permettent éventuellement de :

- intégrer les coûts et les avantages de l'adoption des PGB au niveau de la ferme
- définir le mérite des approches existantes et futures en matière d'incitatifs dans le cadre des politiques
- estimer les niveaux d'adoption selon différents scénarios financiers et stratégiques
- estimer les changements dans la qualité de l'eau relativement aux niveaux d'adoption prévus en fonction des différents scénarios liés à la politique et aux PGB

Comment s'effectue l'intégration?

Pour qu'on puisse échanger des données entre les modèles environnementaux et économiques, il faut que ces données aient des échelles temporelles et spatiales semblables. Les échelles temporelles ne posent pas de problème, car est

[7] Figure 5: Yang, W., A. Rousseau et P.C. Boxall. (2007). An integrated economic-hydrologic modeling framework for the watershed evaluation of beneficial management practices. Journal of Soil and Water Conservation, 62 (6): 423-432

possible de cumuler les données des modèles environnementaux afin de produire les données annuelles requises par les modèles économiques. L'intégration spatiale est plus difficile à réaliser, car les modèles environnementaux sont construits à l'échelle d'unités hydrologiques, telles le bassin versant ou le tronçon d'un cours d'eau, qui ont toutes des limites naturelles, tandis que les modèles économiques sont construits à l'échelle de la ferme, dont les limites sont établies par des humains, qu'il s'agisse du bornage des fermes ou des limites d'entités administratives telles que le canton, le district agricole ou la province.

Les équipes de modélisation intégrée de l'EPBH ont mis au point une méthode permettant d'intégrer l'échelle spatiale. Dans le projet du ruisseau Tobacco Sud, un logiciel a été mis au point pour convertir les données hydrologiques à l'échelle de l'unité de réponse hydrologique (URH) dans les échelles du champ et de la ferme, en usage dans les modèles socioéconomiques. Dans le projet Bras d'Henri / Beaurivage, l'unité spatiale de base, l'unité hydrologique relativement homogène (UHRH), a été ajustée de manière à refléter la taille des exploitations de la région.

Le logiciel de modélisation intégrée utilisé pour le bassin hydrographique du ruisseau Tobacco Sud peut afficher les incidences sur l'environnement et les répercussions économiques sur une carte afin de faciliter la prise de décision.

Progrès de la modélisation intégrée

Étude pilote du ruisseau Tobacco Sud (Manitoba)

Dans le bassin versant du ruisseau Tobacco Sud, la modélisation a été menée à deux échelles, soit le micro-bassin Steppler de 300 hectares et le bassin versant du ruisseau Tobacco Sud, qui représente 7 500 hectares et englobe le micro-bassin. Une équipe de chercheurs d'University of Guelph a effectué la modélisation hydrologique et intégrée. Une équipe du Centre de recherches d'AAC à Brandon, au Manitoba, a mené des évaluations économiques. Enfin, des chercheurs d'University of Alberta ont réalisé une étude de modélisation sur le comportement des agriculteurs.

Sur le plan hydrologique, le système de modélisation intégrée en usage dans le projet du ruisseau Tobacco Sud utilise le SWAT pour simuler les effets des PGB sur la qualité de l'eau. On estime les coûts économiques d'une PGB donnée, ou d'une combinaison de PGB, à l'aide d'un modèle de rentabilité à la ferme. Grâce aux données produites par ces deux modèles, le modèle sur le comportement des agriculteurs peut ainsi produire des scénarios de PGB, seules ou en combinaison, et d'incitatifs à l'adoption de ces pratiques.

À l'heure actuelle, les scénarios relatifs aux changements dans la gestion agricole ou l'utilisation des terres résultant de

Il est nécessaire d'avoir une approche de modélisation intégrée pour mieux comprendre et prévoir les coûts, les avantages et les effets environnementaux de l'application de PGB sur des zones de plus en plus étendues et pour des périodes plus longues.

l'application d'une ou de plusieurs PGB peuvent être exécutés dans le modèle hydrologique. Les effets environnementaux qui en résultent, ainsi que les incidences économiques, peuvent alors être représentés ensemble sur une carte pour faciliter la prise de décisions. La conception modulaire de la plate-forme d'intégration permettra d'élaborer des scénarios à partir d'une perspective soit environnementale ou économique, une fois que ces modules seront achevés.

Volet du comportement des agriculteurs

L'étude de modélisation du comportement des agriculteurs tient compte du fait qu'en règle générale, les programmes de paiements agricoles souvent utilisés pour encourager les propriétaires fonciers à changer leurs pratiques de gestion des terres accordent des paiements fixes pour chaque PGB, indépendamment des coûts ou des avantages de leur adoption. Comme les gouvernements manquent d'information sur les coûts réels des PGB, les coûts d'exécution des programmes de conservation pourraient en fait être plus élevés que nécessaire, advenant que des fournisseurs à bas coûts reçoivent plus que la juste part. Par ailleurs, les PGB à coûts élevés, qui réduisent plus efficacement la pollution dans le bassin hydrographique, risquent de ne pas être mises en œuvre du fait que le programme de partage des coûts n'est pas suffisamment généreux pour encourager l'adoption des pratiques.

Dans le bassin hydrographique du ruisseau Tobacco Sud, l'étude de modélisation des comportements agricoles a essayé les ventes aux enchères inversées comme moyen pour inciter les agriculteurs à soumissionner sur le droit de fournir des PGB (à savoir, des contrats), tout en soutenant les objectifs de conservation du gouvernement. Dans le processus d'enchères inversées, le produit final fourni sous contrat est déterminé d'après les offres soumises. Les enchères inversées offrent aux agriculteurs un moyen de révéler les coûts réels de la mise en œuvre des PGB, ce qui permet d'assurer que les objectifs en matière de qualité de l'eau sont atteints à un coût minimum pour le gouvernement.

Les enchères inversées ont été mises à l'essai dans les sites de l'EPBH comme moyen possible pour, par exemple, réduire les charges de phosphore dans le ruisseau Tobacco Sud. On a étudié la réaction des agriculteurs à des ventes aux enchères organisées pour mettre en oeuvre trois PGB (bassins de retenue, conversion à une couverture végétale permanente et semis direct) en faisant soumissionner des étudiants universitaires à la place d'agriculteurs, et en prenant les données sur les coûts réels dans le bassin versant. En utilisant des exploitations hypothétiques et des flux de revenus tirés d'activités agricoles avec et sans PGB, on a demandé à un groupe d'étudiants de participer à des ventes aux enchères par soumission cachetée visant l'adoption des PGB sur leurs terres. Les soumissionnaires retenus recevaient une petite somme d'argent qui cadrait avec le format de paiement des enchères. Deux formats de paiement final ont été essayés pour évaluer leur incidence sur les coûts et les taux d'adoption. Les paiements ont été attribués, soit uniformément (tout le monde a obtenu la plus forte enchère secrète), soit de manière discriminatoire (chacun a reçu sa part, en fonction de la meilleure offre).

Trois critères de sélection des offres ont également été comparés : le bénéfice maximal pour l'environnement, la couverture maximale disponible et la participation maximale des producteurs. D'après ces expériences préliminaires menées dans le cadre de l'EPBH, on a déterminé que le critère de soumission axé sur les bénéfices maximaux pour l'environnement donnait le meilleur rendement en fait de réduction globale de la pollution théorique. La stratégie de participation maximale n'a pas été considérée comme un moyen rentable de réduire la pollution dans ce bassin versant. L'approche de la couverture maximale a été considérée comme un moyen raisonnable au titre du concept des enchères lorsque l'information sur le rendement n'était pas disponible.

Avancement du volet de modélisation

La conception et le prototype du modèle intégré du bassin hydrographique du ruisseau Tobacco Sud sont achevés. Le modèle SWAT a été calibré et validé pour le bassin versant en utilisant des ensembles de données pour la période de 1991 à 2004. Des sous-modules permettant d'obtenir une meilleure compréhension des interactions entre les PGB et la modélisation hydrologique ont été élaborés.

L'interface qui facilite l'échange d'information entre les modèles hydrologiques et économiques peut simuler des scénarios de PGB. L'information est saisie dans le modèle qui reflète un changement dans les pratiques de gestion au sein de chacune des parcelles ou des exploitations affectées. Cette interface n'a été que partiellement complétée, en attendant l'intégration des modules du volet de modélisation économique et du comportement des agriculteurs.

Projet pilote des rivières Bras d'Henri et Beaurivage (Québec)

Les bassins versants des rivières Bras d'Henri et Beaurivage font partie du bassin de la rivière Chaudière, qui a fait l'objet de nombreux projets de modélisation au cours des 15 dernières années. Dans le cadre de l'EPBH, la modélisation a été réalisée dans les 167 km^2 du bassin versant de la rivière Bras d'Henri et dans les 742 km^2 du bassin versant de la rivière Beaurivage qui entoure ce premier bassin. Dans cette étude, qui s'appuie sur des études précédentes, le Bras d'Henri a d'abord été modélisé comme un sous-bassin distinct et ensuite modélisé comme une partie du bassin de la Beaurivage.

Une équipe de chercheurs de l'Institut national de la recherche scientifique (INRS) a effectué la modélisation hydrologique et intégrée. Deux équipes ont effectué la modélisation économique, l'une de l'Université McGill a réalisé une analyse au niveau des bassins versants et l'autre de l'Université Laval a réalisé une enquête sur la volonté des agriculteurs à adopter des PGB.

Le système de modélisation intégrée utilisé dans le projet pilote du Bras d'Henri et de la rivière Beaurivage est le modèle GIBSI. Le progiciel de modélisation GIBSI comprend un SIG, un système de gestion relationnelle de bases de données, un modèle hydrologique et des modèles distincts pour le déplacement et l'aboutissement des sédiments des nutriments, des pesticides et des agents pathogènes (coliformes fécaux). Il contient également des modules permettant de définir des scénarios de gestion et de réaliser une analyse des coûts-avantages environnementaux de la PGB. L'interface graphique du modèle GIBSI facilite la gestion des données et l'élaboration de scénarios de PGB.

La modélisation GIBSI utilisée dans l'EPBH était le fruit du raffinement des études précédentes, dans la mesure où l'UHRH, a été réduite de taille, ce qui a permis d'améliorer la résolution du modèle. L'UHRH correspond maintenant de plus près à la taille moyenne des exploitations agricoles du bassin hydrographique, ce qui facilite l'intégration des modèles hydrologiques et économiques en faisant en sorte qu'ils fonctionnent tous les deux à l'échelle de la ferme.

Le modèle GIBSI est utilisé pour prédire la quantité et la qualité des eaux de ruissellement, et ce afin d'évaluer l'incidence des PGB. Lorsqu'il est utilisé de pair avec des modèles économiques, le GIBSI peut servir à analyser les coûts-avantages de la mise en œuvre des PGB. Cette intégration consiste à ajouter des couches d'information du SIG (à savoir, élévation numérique, réseau hydrographique, types de sol et couvert végétal), à modifier les bases de données existantes et à mettre à jour les fichiers d'entrée des différents modèles.

Avancement du volet de modélisation

Les résultats biophysiques utilisés dans le modèle prototype du GIBSI reposaient en grande partie sur les valeurs provenant d'articles publiés ou de modèles simplifiés, plutôt que sur des données recueillies sur le terrain. Toutefois, les efforts de modélisation ont permis de mieux caractériser les processus hydrologiques et de mieux comprendre les processus de déplacement des sédiments, des nutriments, des pesticides et des agents pathogènes dans le sol et les cours d'eau. Les résultats de la modélisation ont permis de mieux comprendre l'incidence probable des PGB sur la qualité de l'eau à l'échelle des bassins versants. Des modèles ont également été utilisés pour examiner des

scénarios de PGB au niveau de la ferme et pour toutes les exploitations situées dans le bassin versant du Bras d'Henri.

Ces données biophysiques produites par modélisation ont été transférées dans les modèles économiques. Il convient de noter que ces modèles n'ont pas encore été calibrés en fonction des données obtenues sur le terrain pour déterminer l'effet réel des PGB, et qu'ils n'ont pas été intégrés dans le modèle GIBSI.

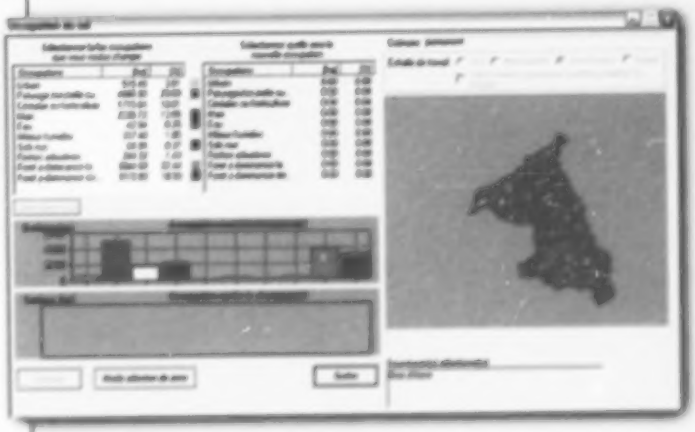


Photo : A.N. Rousseau, INRS

L'interface graphique du modèle GIBSI facilite la gestion des données et l'élaboration de scénarios de PGB.

Conclusions

Des progrès significatifs ont été accomplis dans le volet de modélisation intégrée de l'EPBH afin d'intégrer les facteurs hydrologiques, économiques à la ferme et de comportement des agriculteurs dans un cadre d'aide à la prise de décision qui permettra d'évaluer les effets environnementaux et économiques de la mise en œuvre des PGB.

Dans le cadre du projet pilote du ruisseau Tobacco Sud, la conception et le prototype du modèle intégré ont été achevés. Le modèle SWAT a été calibré et validé pour ce bassin versant, et certaines améliorations ont été apportées au modèle. L'interface qui facilite l'échange d'information entre les modèles hydrologiques et économiques a été partiellement achevée, car les modules du volet économique n'ont pas encore été pleinement intégrés dans le système. Une fois terminée, l'interface devrait fournir un outil précieux tant aux chercheurs qu'aux gestionnaires de la conservation.

Toujours au ruisseau Tobacco Sud, la recherche sur le comportement des agriculteurs a porté sur les méthodes de ventes par enchères inversées utilisées pour évaluer les coûts de la réduction des charges polluantes au moyen des PGB. Les résultats préliminaires indiquent que les critères applicables aux soumissions qui privilégiaient les bénéfices environnementaux ont donné les meilleurs résultats en fait de réduction globale de la pollution.

Dans le projet pilote du Bras d'Henri / Beaurivage, les travaux de modélisation du système GIBSI ont permis caractériser les processus hydrologiques, les mécanismes de déplacement et l'incidence probable des PGB sur la qualité de l'eau. Les données biophysiques obtenues par modélisation ont été transférées dans les modèles économiques disponibles, mais ces modèles n'ont pas encore été calibrés en fonction des mesures de terrain et n'ont pas encore été intégrés dans le modèle GIBSI. À l'avenir, les données de terrain seront comprises dans le modèle intégré, et la base de données GIBSI sera adaptée pour intégrer les modèles économiques.

Prochaines étapes

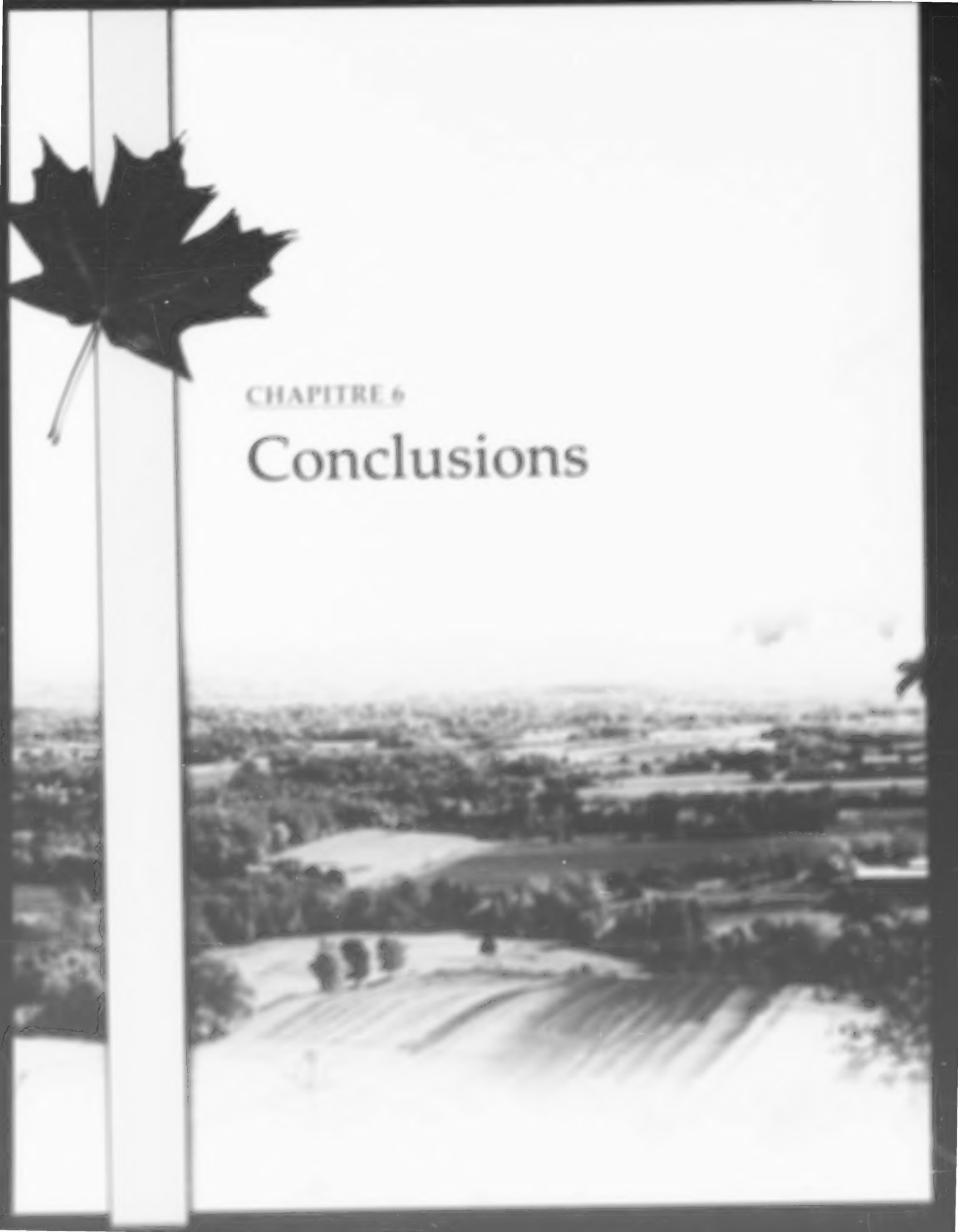
Les deux projets pilotes prévoient le développement et l'amélioration de leurs modèles et des modules connexes, et l'utilisation des données de terrain.

Ruisseau Tobacco Sud

Un prototype de module de modélisation intégrée a été élaboré pour le ruisseau Tobacco Sud, de telle sorte que les données recueillies sur le terrain peuvent désormais être saisies dans le modèle. Les prochaines étapes de raffinement du modèle comprendront l'incorporation des résultats actuels et futurs des modèles économiques à la ferme et du modèle de comportement des agriculteurs, et l'amélioration et la mise au point d'autres modules d'interface au besoin.

Rivières Bras d'Henri et Beaurivage

Dans la prochaine phase de l'EPBH, des données de terrain seront comprises dans le modèle intégré des bassins versants des rivières Bras d'Henri et Beaurivage. La banque de données GIBSI devra être adaptée pour répondre aux exigences spécifiques des modèles économiques, afin de compléter le système de modélisation intégrée. Cette intégration comprendra des données à jour sur l'évaluation des biens et services environnementaux, et l'achèvement de l'analyse des avantages environnementaux et des coûts à la ferme dans les bassins versants.



CHAPITRE 6

Conclusions

Conclusions générales

Les sept sites de l'EPBH ont permis de recueillir des données scientifiques et d'observer de nombreux résultats aussi utiles qu'intéressants.

Pour plusieurs raisons, de grandes différences existent dans la capacité des sites à rendre compte des résultats. Ces raisons comprennent le temps nécessaire pour établir des régimes de surveillance, recueillir des données repères, mettre en œuvre des PGB et lancer les études connexes. En conséquence, certains sites n'ont que deux à trois ans de données post-PGB, et la plupart n'ont pas plus de deux ans de résultats d'analyse économique et de modélisation. De plus, étant donné que ces essais sont menés à l'échelle des bassins versants, où il importe d'obtenir des données à long terme pour tenir compte de la variabilité spatiale et temporelle, il est encore trop tôt pour tirer des conclusions.

Néanmoins, nous avons fait de grands pas en vue de mieux comprendre la performance environnementale et économique des PGB étudiées dans le cadre de l'EPBH :

- D'importants progrès ont été faits pour comprendre le rendement de certaines PGB dans les bassins hydrographiques où elles ont été mises à l'essai. À partir de là, nous pourrons mieux comprendre l'applicabilité de ces PGB dans un contexte régional.
- L'EPBH a permis d'acquérir des connaissances utiles sur les défis que suppose la compréhension des facteurs économiques à la ferme et hors ferme de l'adoption des PGB.
- La validation des modèles hydrologiques utilisant des résultats découlant de PGB mises à l'essai sur le terrain a progressé. On dispose ainsi d'une assise scientifique pour l'application élargie de ces modèles à d'autres PGB et conditions de paysage, qui nous permettra, à terme, de faire des comparaisons de plus vastes écosystèmes.
- L'EPBH a commencé à intégrer efficacement les résultats biophysiques et économiques de façon à ce que l'on puisse interpréter et appliquer les résultats de l'EPBH à des fins de planification élargie.

Bassin hydrographique de la rivière Salmon (C.-B.)

Il reste beaucoup à faire, mais ces premières étapes sont prometteuses.

Résultats pour chaque volet

Volet biophysique

Plus de la moitié des essais sur les PGB effectués dans le cadre de l'EPBH (13 sur 22) ont démontré le potentiel de réduire la charge de contaminants dans les eaux de surface. Toutefois, dans de nombreux cas, il reste à quantifier le degré d'efficacité de ces pratiques. L'un des exemples les plus éloquents est la recherche menée dans le bassin versant de la rivière Nation Sud, où le drainage souterrain a considérablement

réduit les charges de nutriments dans les eaux de surface.

Certains résultats sont mitigés : si certains paramètres sur la qualité de l'eau s'améliorent, d'autres restent peu concluants ou sont carrément négatifs. Des améliorations dans un paramètre peuvent même survenir au détriment d'un autre paramètre. Des résultats positifs sur un point ne donneront pas nécessairement des résultats positifs sur tous les points. L'étude de la culture sans labour dans le bassin hydrographique du ruisseau Tobacco Sud est un exemple de résultats mitigés. Dans ce bassin versant, le semis direct a permis de réduire la concentration de N et de sédiments, mais a contribué à une forte hausse de la concentration de P dissous dans les eaux de ruissellement.

Photo : C. Bossé, Club de Fertilisation de la Beauce

Bassin hydrographique du Bras d'Henri (Qc)

Dans certains cas, tandis que les effets des PGB étaient incertains quant à la qualité de l'eau, ils étaient positifs pour d'autres indicateurs environnementaux tels que la santé des bandes riveraines et les populations d'invertébrés aquatiques. Dans le bassin versant de la rivière Salmon, par exemple, l'exclusion des bovins au moyen de clôtures n'a donné aucune réduction significative des concentrations en nutriments dans le ruisseau, mais a donné lieu à une réduction significative des concentrations en sédiments fins et en *E. coli*, et a eu un effet positif sur le couvert végétal dans la zone riveraine clôturée.

Bien que la contribution de chaque PGB aux charges à la lisière du champ ou dans le ruisseau soit souvent évidente, l'effet cumulé de plusieurs PGB sur la qualité de l'eau est souvent difficile à déceler en aval, à l'exutoire du bassin. Cela est peut-être dû à la brièveté de l'étude de collecte, ou au fait que la taille du cours d'eau empêche d'évaluer précisément les variations de qualité de l'eau. Inversement, dans certains bassins versants dotés d'une combinaison complexe de petits champs et de petites superficies de paysage, l'exutoire du bassin peut représenter le seul endroit où il est possible de détecter l'effet d'une PGB, et ce, peut-être uniquement sous forme d'effet cumulé.

On en a beaucoup appris sur l'interaction entre les processus liés au paysage et l'effet des PGB. Par exemple, une meilleure appréciation des types de sol dans les micro-bassins jumelés de la rivière Bras d'Henri a permis d'expliquer le rendement des PGB mises en œuvre, alors qu'elles constituaient par ailleurs une source de confusion. Cette clarification a permis aux chercheurs de mieux interpréter les résultats sur la qualité de l'eau et a donné lieu à des publications scientifiques sur les effets connexes. Ces connaissances bénéficieront également aux futures évaluations de PGB, tant dans le cadre de l'EPBH qu'ailleurs.

Volet économiques

Pendant la première phase du projet, le principal but visé dans le volet économique de l'EPBH était d'évaluer la rentabilité des PGB à la ferme et d'amorcer l'évaluation des retombées potentielles de certaines PGB à la ferme et hors ferme. Pour évaluer les effets des PGB sur l'entreprise agricole, les économistes ont appliqué des modèles économiques et d'autres outils adaptés à la situation unique de chaque site de l'EPBH.

D'après les résultats économiques préliminaires et obtenus à court terme, la grande majorité des 22 essais de PGB menés dans le cadre de l'EPBH ont occasionné d'importants coûts de mise en œuvre et/ou annuels d'entretien aux propriétaires fonciers. S'ajoutait à cela une faible probabilité de rentrées d'argent pour la ferme, de sorte que l'adoption de ces PGB occasionnerait une baisse de rentabilité à l'échelle de la ferme.

Près de 75 % des PGB évaluées offrent un potentiel d'augmentation de revenu à la ferme : bien que limitées, les retombées monétaires (légère augmentation des rendements ou du gain de poids des bovins, etc.) peuvent contrecarrer une partie des frais de mise en œuvre des PGB. Néanmoins, la variation nette des revenus agricoles s'est avérée généralement négative. Les avantages de la PGB du drainage souterrain, dans le bassin de la rivière Nation Sud, constituent un cas d'exception à cet égard. On a observé que cette pratique avait une incidence économique positive à la ferme, dans la mesure où la hausse des rendements de maïs et de soja permettait de rembourser les dépenses d'installation des canalisations après trois ou quatre ans.

Certaines PGB auront des avantages environnementaux au-delà de la ferme. Par exemple, dans le bassin hydrographique du ruisseau Tobacco Sud, le réseau de petits réservoirs (régulation du débit en aval pour prévenir les inondations) a déjà eu des retombées, et la PGB du bassin de retenue (réduction de la concentration de sédiments dans le ruisseau) pourrait aussi avoir des retombées en aval de la ferme. Un nombre limité d'études des avantages hors ferme (publics) ont déjà été entreprises dans le cadre de l'EPBH. Ces études ont été lancées pour prédire la combinaison de PGB susceptible d'offrir la solution la moins coûteuse pour obtenir une amélioration environnementale donnée, mais d'autres analyses devront être effectuées pour quantifier les effets de ces PGB.

Les études économiques de l'EPBH continueront de s'appuyer sur les évaluations déjà en cours. À mesure que de nouvelles données économiques seront recueillies et compilées, les avantages supplémentaires des PGB (à la fois à la ferme et hors ferme) seront quantifiés. Maintenant que les résultats de la surveillance biophysique de l'EPBH s'accumulent, les économistes de l'étude vont pouvoir intégrer les données pour accroître le degré de confiance accordé à leurs méthodes et aux résultats.

Volet de modélisation hydrologique

L'étalonnage des modèles a été effectué pour la plupart des bassins hydrographiques de l'EPBH, et les modifications ou ajouts nécessaires ont été apportés afin de modéliser les effets des PGB sur la qualité de l'eau, en utilisant le plus souvent comme données d'entrée des valeurs tirées d'études publiées. Si la plupart des projections laissent entrevoir une réduction à long terme des concentrations de sédiments et de nutriments, ces résultats devront être évalués en profondeur afin qu'ils puissent se prêter à une utilisation tant pour l'évaluation ou la sélection des PGB que pour les prises de décisions aux fins des politiques et des programmes.

Les modèles hydrologiques appliqués dans le cadre de l'EPBH seront continuellement

affinés et validés pour permettre d'extrapoler l'information biophysique recueillie au niveau des micro-bassins hydrographique à l'échelle du bassin versant qui les entoure. Dans la plupart des cas, on a utilisé dans un premier temps des valeurs tirées d'études publiées comme variables d'entrée, car les données sur les PGB adoptées sur place ainsi que les autres valeurs biophysiques et économiques ne sont devenues disponibles que récemment. La complexité et la validité apparente des modèles utilisés dans l'EPBH varient selon les bassins versants et selon les pratiques agronomiques, les conditions climatiques, le mode d'utilisation des terres, la topographie, les types de sol et d'autres caractéristiques propres au paysage. Les adaptations apportées aux modèles de l'EPBH, afin de représenter efficacement ces caractéristiques du paysage, ont mené à la création de logiciels adaptés à la région qui auront une pertinence dans d'autres études canadiennes et internationales.

D'autres travaux devront être menés pour obtenir des résultats plus uniformes au niveau des sous-bassins versants et pour intégrer les données obtenues sur le terrain au moment de l'étalonnage des modèles et de la réalisation des simulations. La poursuite des travaux d'évaluation des PGB dans tous les bassins hydrographiques de l'EPBH permettra aux équipes de modélisation d'extrapoler leurs conclusions à des bassins hydrographiques plus étendus et, dans certains cas, permettra d'intégrer les données dans des modèles économiques.

Volet de modélisation intégrée

Des progrès significatifs en matière de modélisation intégrée ont été accomplis dans deux études pilotes (ruisseau Tobacco Sud, au Manitoba, rivière Bras d'Henri, au Québec), en vue d'intégrer les facteurs hydrologiques et les facteurs économiques à la ferme, entre autres facteurs, dans un cadre d'aide à la prise de décisions. Une plate-forme prototype a été essentiellement mise au point pour ces deux bassins versants pilotes.

L'interface qui permet d'échanger l'information entre les modèles hydrologiques et économiques a été partiellement achevée. Actuellement, il faut une grande expertise pour l'exploiter, mais elle constituera éventuellement un outil précieux pour les chercheurs et les gestionnaires de la conservation. Bientôt, les données biophysiques et économiques seront intégrées dans les modèles pilotes intégrés, et les banques de données seront adaptées pour faciliter l'intégration des modèles économiques. Les résultats de la recherche sur le comportement des agriculteurs, dans le projet du ruisseau Tobacco Sud au sujet des méthodes d'enchères inversées destinées à favoriser l'adoption des PGB, seront incorporés au SWAT.

Les travaux sur la modélisation intégrée se poursuivront dans les bassins versants pilotes.

Conséquences pour la recherche, les politiques et les programmes

L'EPBH a à peine commencé à explorer ce que ses conclusions pourraient signifier pour les intérêts scientifiques et stratégiques et l'élaboration de programmes. Il sera impératif que le dialogue se poursuive entre ces trois pôles d'intérêts, afin de tirer le maximum des résultats obtenus jusqu'ici grâce à l'EPBH.

L'EPBH démontre déjà sa capacité de recherche multidisciplinaire dans le domaine de l'étude des bassins versants. Par sa contribution aux connaissances sur la performance environnementale et économique des PGB, l'EPBH démontre aussi son applicabilité à la politique et aux programmes de plusieurs manières, comme suit :

Bassin hydrographique de la rivière Lower Little Bow (Alb.)

Promotion et amortissement des PGB

Jusqu'ici, on a uniquement démontré hors de tout doute la rentabilité au niveau de la ferme d'une PGB étudiée dans le cadre de l'EPBH, soit le drainage contrôlé par canalisations. Celle-ci semble également offrir des avantages hors ferme (publics). Grâce à la robustesse des résultats de recherche de l'EPBH, l'association Conservation de la Nation Sud a inclus cette pratique parmi les PGB admissibles au partage limité des coûts dans le cadre de son programme sur la pureté de l'eau. Le gouvernement de l'Ontario a ajouté la pratique à sa liste de PGB approuvées, confirmant ainsi que l'information sur les effets à la ferme et hors ferme est pertinente et utile pour réaliser les objectifs des politiques et des programmes.

La plupart des PGB étudiées ont occasionné d'importants coûts de mise en œuvre et/ou d'entretien aux producteurs, et de nombreuses exploitations agricoles pourraient subir des pertes financières en adoptant certaines PGB si elles ne reçoivent pas d'incitatifs financiers pour le faire. D'autres PGB pourraient se révéler économiquement viables, mais leurs bénéfices à la ferme et hors ferme n'ont pas encore été quantifiés dans le cadre de l'EPBH. En l'absence d'une telle preuve, les PGB qui ne peuvent prouver leur viabilité à la ferme sur le plan économique ou à tout le moins sur le plan environnemental, auront peu de chance d'être adoptées ou maintenues sans incitatif financier ou mesure d'encouragement prévue par la réglementation. Il en va de même pour les PGB qui offrent surtout des retombées hors ferme.

En limitant l'application des PGB aux régions où elles auront le plus d'effet, tel que déterminé par la modélisation intégrée, on parviendra peut-être à obtenir les résultats souhaités en fait d'amélioration de la qualité de l'eau à moindre coût.

Comparaisons entre bassins versants

Bien que l'EPBH n'ait pas été conçue pour comparer les effets des PGB dans les conditions propres aux différents bassins versants, certaines PGB ont été appliquées dans plus d'un bassin versant, de sorte que les comparaisons sont plus ou moins inévitables. Ainsi, une évaluation préliminaire des effets qui pourraient être observés dans plus d'un site a été entreprise, et les premiers résultats biophysiques et économiques sont présentés ci-dessous :

- ***Exclusion des bovins / clôtures le long des berges*** (4 sites) – Les résultats biophysiques obtenus dans quatre bassins hydrographiques à travers le Canada semblent généralement indiquer une amélioration de la santé des zones riveraines, mais les effets sur la qualité de l'eau demeurent souvent flous et ne sont en aucune manière uniformes d'un bassin versant à l'autre. Les résultats économiques montrent que cette PGB est très coûteuse à mettre en place et que les propriétaires semblent en retirer peu ou pas d'avantages à court terme.
- ***Conversion à un couvert végétal permanent*** (3 sites) – Les résultats des tests sur la qualité de l'eau dans deux bassins hydrographiques des Prairies reposent sur des données accumulées sur une période d'au plus deux ou trois ans. Les résultats économiques sont mitigés. Dans le bassin hydrographique du Bras d'Henri, caractérisé par une agriculture de type intensif, la transition de la culture de maïs à la culture de foin a entraîné une réduction, à l'échelle de la ferme, des concentrations de nutriments dans le ruisseau, mais elle a été très coûteuse à mettre en place.
- ***Gestion du fumier et des nutriments*** (3 sites) – Cette PGB a été appliquée dans trois scénarios très différents à travers le Canada, mais son incidence économique était similaire dans tous les bassins hydrographiques. Dans deux des sites, il y a eu une baisse des concentrations de nutriments dans le ruisseau pour certains paramètres, et une augmentation de la concentration de P résiduel dans le sol. Au troisième site, il a été impossible de déterminer l'effet de la pratique sur les nutriments. Une réduction du revenu net est projetée pour les trois bassins versants.
- ***Bandes tampons*** (2 sites) – Des essais de court terme ont été menés dans les bandes tampons de deux bassins versants, et les résultats étaient mitigés. Dans le bassin hydrographique de la rivière Lower Little Bow, les avantages au chapitre de la qualité de l'eau pendant les périodes de débit normal en bordure des pâturages n'étaient pas évidents, mais pendant les périodes

de ruissellement extrême le long des terres cultivées, une bande tampon de six mètres de large permettait de réduire les concentrations de sédiments et d'azote. Dans le bassin hydrographique du ruisseau Black, l'effet tampon obtenu en période de débit normal à côté du champ de pomme de terre n'est pas concluant, mais la bande tampon s'est avérée inefficace pour ce qui est de réduire la concentration en éléments pendant les périodes de ruissellement extrême. L'incidence économique variait selon la composition de la flore de la bande tampon (graminées ou arbustes/arbres) et selon l'emplacement. L'incidence économique variait entre une légère réduction des flux de trésorerie et des coûts de mise en œuvre prohibitifs, sans avantages évidents à court terme pour le propriétaire.

Signaux spécifiques à certains bassins versants

Bien qu'il soit trop tôt pour tirer des conclusions à l'échelle des bassins hydrographiques, un certain nombre de signaux pertinents pour la recherche, l'élaboration de politiques et la mise sur pied de programmes ressortent de l'EPBH. Des exemples spécifiques dans chacun des sept bassins versants illustrent l'étendue de ces signaux :

- ***Bénéfices supposés et bénéfices prouvés*** (bassin hydrographique de la rivière Salmon)
  Le gouvernement devrait-il continuer à promouvoir les clôtures d'exclusion des bovins dans ce bassin versant? Cette pratique est coûteuse et comporte en apparence des avantages minimes à court terme pour le propriétaire foncier. Bien que cette PGB puisse profiter à la végétation riveraine et à la santé du cours d'eau, il faudra probablement offrir des incitatifs financiers ou réglementaires pour promouvoir son adoption à grande échelle.
- ***Effets locaux par rapport aux effets régionaux*** (bassin versant de la rivière Lower Little Bow)
  Dans cette région aride, où l'irrigation est nécessaire et où le ruissellement des eaux de surface est un événement rare, il a été difficile de quantifier les effets des PGB sur la qualité de l'eau de surface. Et comme les conclusions favorables au sujet des PGB appliquées dans d'autres bassins versants ne semblent pas pertinentes pour les propriétaires fonciers de ce bassin, il sera peut-être difficile de promouvoir l'adoption de certaines PGB.
- **Valeur des ensembles de données historiques** (bassin versant du ruisseau Tobacco Sud)
  Lorsqu'on dispose de séries de données à long terme (pré-PGB et post-PGB), on distingue plus facilement l'incidence des pratiques adoptées. Étant donné que les données sur l'utilisation des sols et la qualité de l'eau sont enregistrées depuis entre 15 et 20 ans dans ce bassin versant, et que des PGB telles que les petits réservoirs aménagés sur le cours d'eau et le travail minimum du sol sont depuis longtemps en place, les effets biophysiques sont plus faciles à évaluer. D'autre part, du fait que les séries de données économiques n'ont pas été recueillies simultanément, les résultats économiques sont problématiques. Il est essentiel de recueillir les deux séries de données pour quantifier l'effet global des PGB.
- ***Jumelage des résultats biophysiques et économiques*** (bassin versant de la rivière Nation Sud)
  La PGB du drainage contrôlé par canalisations est un excellent exemple de la façon dont le jumelage des résultats biophysiques obtenus sur un site avec les données économiques locales confirme clairement l'effet de cette pratique sur la qualité de l'eau et sur la rentabilité à la ferme. Avec un peu de publicité, cette PGB aurait de bonnes chances d'être adoptée.

- ***Comprendre les processus ayant cours dans le bassin versant*** (Bras d'Henri / Fourchette)
  En plus des conclusions obtenues pour chaque PGB, cette étude du bassin a fourni de l'information sur la manière dont des facteurs liés au paysage, comme le type de sol, le ruissellement des eaux de fonte des neiges et le mouvement des nutriments peuvent influencer le rendement des PGB. L'un ou l'autre de ces facteurs peut éclipser la contribution d'une PGB par ailleurs utile.
- ***Risques liés aux conclusions établies à court terme*** (ruisseau Black)
  Dans tout projet, il peut être tentant de tirer des conclusions hâtives. Près de Grand-Sault, au N.-B., les pommes de terre sont cultivées dans des champs à forte pente très vulnérables à l'érosion. Une combinaison de terrasses de détournement et de déviation et de voies d'eau gazonnées a permis de réduire considérablement les pertes de sol par érosion. Mais il faut se demander si ces pratiques permettent aussi d'augmenter les rendements de pomme de terre et le revenu agricole à long terme? Après trois ans d'étude, on a observé une hausse du rendement de pomme de terre au cours de l'année sèche, mais aucune hausse de rendement au cours des deux années humides. Il faut être patient pour obtenir des résultats représentatifs.
- ***Grandeur des parcelles et variables confondantes*** (bassin versant du ruisseau Thomas)
  En ce qui a trait à la qualité de l'eau, il est généralement préférable de tester à la fois l'effet isolé de la PGB dans le bassin versant et l'effet cumulatif des PGB à l'exutoire du bassin. Cependant, les méthodes de vérification sur le terrain qui fonctionnent dans un sous-bassin ne fonctionnent pas nécessairement dans un autre bassin. Cela est particulièrement vrai lorsque les parcelles de terrain sont très petites ou que le mélange de cultures varie fortement (céréales, fourrages et cultures spéciales), ou encore que le bassin versant est formé

d'un enchevêtrement de ruisseaux et de zones riveraines. Dans de tels cas, la seule méthode pratique pour mesurer les effets de la PGB peut être de prendre les mesures à l'exutoire du bassin.

- ***Le défi lié à l'extrapolation des résultats*** (tous les bassins versants de l'EPBH)
  Des progrès considérables ont été réalisés dans l'établissement de processus et l'étalonnage des modèles requis pour quantifier l'effet des PGB à l'échelle des petits bassins versants. Il reste à valider la plupart de ces modèles d'après les données obtenues sur le terrain à l'échelon local ou régional. L'extrapolation des résultats à plus grande échelle nécessitera d'autres travaux. Il reste encore beaucoup à faire, et on ne doit pas minimiser les défis à venir.

Intégration des facteurs économiques et biophysiques

Il serait possible de renforcer davantage l'applicabilité des études de l'EPBH aux politiques et aux programmes en établissant des liens entre ce que l'on connaît au sujet du rendement environnemental des PGB et les motivations économiques et non économiques des producteurs.

En outre, il y aurait possibilité d'utiliser l'expérience acquise à ce jour dans le cadre de l'EPBH pour créer un mécanisme de présélection qui permettrait de cerner les PGB offrant les meilleures chances de donner d'importantes retombées financières à la ferme par rapport à celles qui ont principalement des retombées hors ferme, et d'orienter ainsi les ressources d'enquête vers la clarification des ces effets. Lorsque la probabilité d'obtenir de tels avantages est élevée, les recherches de l'EPBH devraient viser à les quantifier. Et lorsque les PGB offrent de bonnes chances d'avoir des retombées environnementales à l'extérieur de la ferme, les recherches devraient viser à quantifier ces retombées hors ferme (publiques).

Autres grandes réalisations

Au cours des quatre premières années du projet, l'EPBH a favorisé la création de partenariats avec de nombreux organismes et ministères. Ces partenariats ont facilité la collaboration de personnes aux compétences variées, et cela s'est avéré être l'une des grandes forces du projet. En fournissant un point de ralliement pour ces partenariats, l'EPBH a permis d'obtenir d'importantes ressources supplémentaires pour le projet et d'augmenter la capacité de réalisation de recherches appliquées de haute qualité.

Les responsables de l'EPBH maintiennent également d'étroites relations de travail avec leurs homologues du CEAP du ministère de l'USDA. Les deux projets ont des objectifs similaires et se partagent leurs approches et leurs résultats.

L'équipe de l'EPBH continue de distribuer un large éventail de produits de communication pour faire connaître les conclusions de l'étude à l'interne et à l'externe. Ces produits comprennent plus de 80 exposés présentés lors d'ateliers et de conférences; un nombre croissant d'articles publiés dans des revues scientifiques faisant l'objet d'un examen par les pairs, des articles dans des journaux et des magazines, une série de brochures et de fiches d'information pour chaque bassin versant; un site Web à jour et des rapports annuels. En outre, l'équipe de l'EPBH organise des visites des bassins versants tout au long de l'année, et parraine généralement à l'automne une journée de visites de bassins versants ainsi qu'un atelier technique. Ces produits et activités de communication permettent aux producteurs, aux décideurs et au grand public de mieux apprécier les facteurs qui déterminent le rendement des PGB.

Prochaines étapes

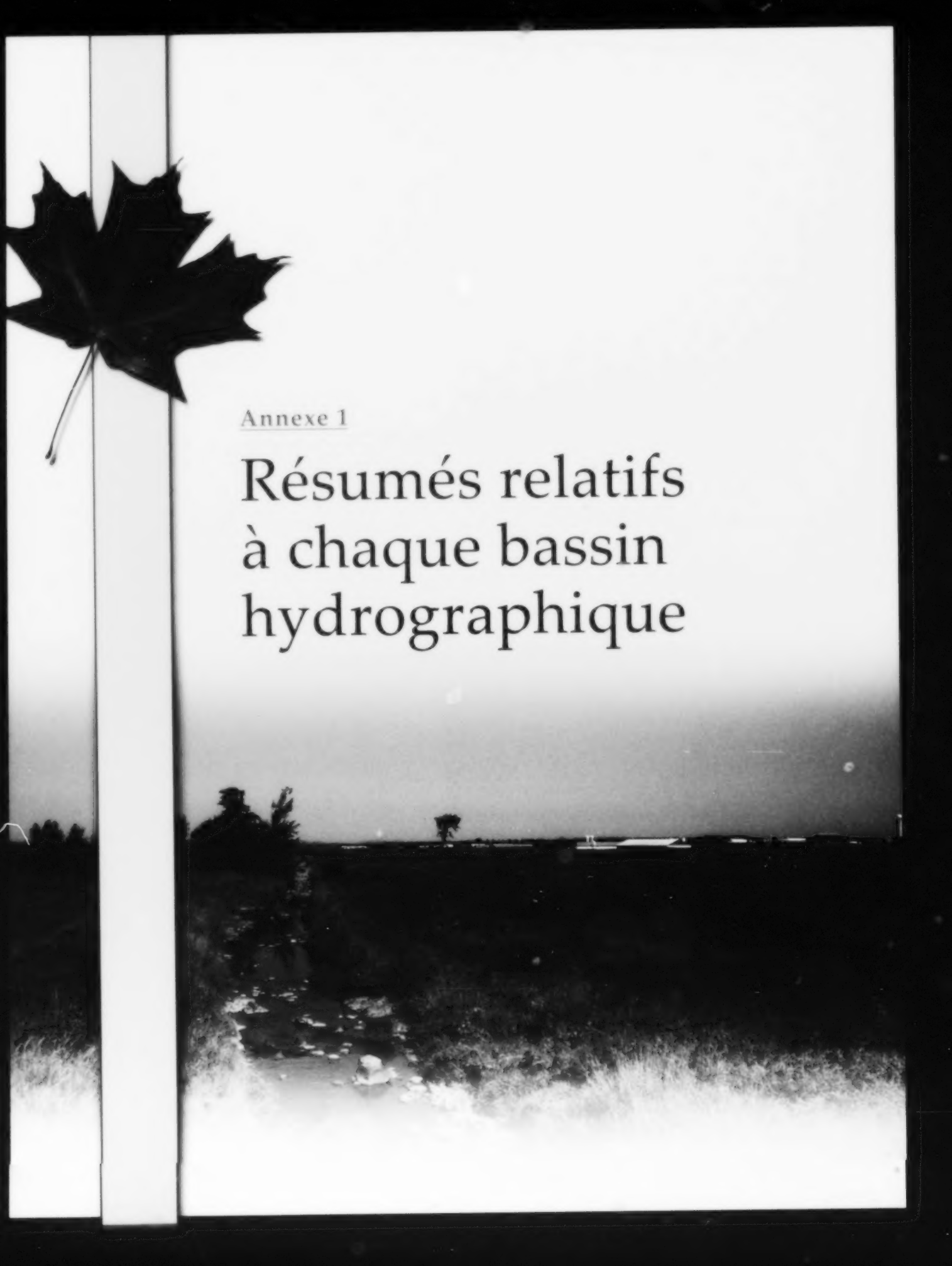
Maintenant que l'infrastructure et les partenariats nécessaires sont en place, l'EPBH est bien positionnée pour poursuivre des recherches à long terme sur les bassins hydrographiques partout au Canada. Il faudra plus de temps pour recueillir des données adéquates et pour corréler les résultats et les analyses. Les recherches en cours permettront de renforcer les conclusions initiales, tandis que l'ajout de nouveaux sites permettra de combler les lacunes au chapitre des paysages et des données.

Les efforts vont se poursuivre en vue d'extrapoler les analyses économiques et les résultats à l'échelle des sous-bassins et des bassins hydrographiques. Pour ce faire, on pourrait élargir le champ des analyses biophysiques, économiques et hydrologiques, et intégrer davantage ces volets de recherche.

Les plans de la prochaine phase de l'EPBH comprennent ce qui suit :

- s'appuyer sur les réussites de l'EPBH en maintenant le régime de surveillance actuel, tout en intégrant des modifications et des améliorations
- renforcer le réseau national de laboratoires à l'échelle des bassins versants en ajoutant de nouveaux sites pour combler les lacunes au chapitre des paysages
- donner suite aux problèmes émergents qui affectent les bassins versants au moyen d'études novatrices qui complètent les objectifs à plus long terme de l'EPBH

L'EPBH continuera de démontrer qu'une initiative axée sur la collaboration peut accomplir bien plus qu'un travail en vase clos. Comme l'étude se poursuit dans le cadre de Cultivons l'avenir, il en résultera une meilleure compréhension des PGB et des processus relatifs aux paysages. Cela pourrait se traduire à terme par une eau de meilleure qualité et par une gérance agro-environnementale plus efficace. La réalisation de ces objectifs renforcera la réputation du Canada comme chef de file de l'agriculture durable tout en contribuant à une meilleure qualité de vie pour tous les Canadiens.



Annexe 1

Résumés relatifs à chaque bassin hydrographique

Résumés relatifs à chaque bassin hydrographique

Cette annexe renferme des renseignements plus détaillés sur les travaux et les conclusions des volets biophysique et économique et du volet sur la modélisation hydrologique pour chacun des bassins hydrographiques étudiés au cours de la première phase de l'EPBH (2004/5 - 2007/8). Chaque section est consacrée à un bassin versant et aborde les éléments suivants :

- De l'information contextuelle sur le bassin versant, son paysage agricole et la problématique relative à la qualité de l'eau
- Les PGB étudiées et les enseignements tirés au sujet de leur rendement ;
- D'autres études biophysiques
- L'analyse économique réalisée et ce qu'on a appris sur les coûts et les avantages des PGB
- La modélisation hydrologique effectuée

De l'information technique sur les trois volets étudiés dans les sept bassins hydrographiques de l'EPBH peut être consultée dans les documents d'accompagnement du présent rapport (en format imprimé ou électronique) :

- Résumé technique n° 1 : Volet biophysique (2004/5 - 2007/8)
- Résumé technique n° 2 : Volet économique (2004/5 - 2007/8)
- Résumé technique n° 3 : Volets de modélisation hydrologique et de modélisation intégrée (2004/5 - 2007/8)

Les sections de la présente annexe consacrées aux bassins versants sont fondées sur les rapports quadriennaux présentés par chacune des équipes des bassins versants, lesquelles étaient composées d'un responsable, d'économistes et de spécialistes en modélisation. Les résumés sont présentés de l'ouest vers l'est à travers le Canada. À noter que, en raison de la brièveté de la période de collecte des données dans la plupart des bassins hydrographiques de l'EPBH, les renseignements contenus dans ces sommaires reposent sur l'étude initiale et sur une revue par les pairs effectuée à l'échelon local. Ainsi, ces résultats doivent être considérés comme préliminaires et pourraient changer à l'issue d'une étude plus approfondie et d'un examen officiel par les pairs.

Table des matières de l'annexe 1

1.1 Bassin hydrographique de la rivière Salmon (Colombie-Britannique) 80

1.2 Bassin hydrographique de la rivière Lower Little Bow (Alberta) 87

1.3 Bassin hydrographique du ruisseau Tobacco Sud / Steppler (Manitoba) 96

1.4 Bassin hydrographique de la rivière Nation Sud (Ontario) 106

1.5 Bassins hydrographiques de la rivière Bras d'Henri et du ruisseau Fourchette (Québec) 114

1.6 Bassin hydrographique du ruisseau Black (Nouveau-Brunswick) 125

1.7 Bassin hydrographique du ruisseau Thomas (Nouvelle-Écosse) 133

Bassin hydrographique de la rivière Salmon (Colombie-Britannique)

Responsable du bassin hydrographique : Klaas Broersma (AAC)
Économiste du site : Terry Peterson (entrepreneur)
Responsable de la modélisation hydrologique du site : Zhanxue (John) Zhu (University of Victoria)

Figure 6 : Carte du bassin hydrographique de la rivière Salmon

1.1

Bassin hydrographique de la rivière Salmon (Colombie-Britannique)

Responsable du bassin hydrographique : Klaas Broersma (AAC)
Économiste du site : Terry Peterson (entrepreneur)
Responsable de la modélisation hydrologique du site : Zhanxue (John) Zhu (University of Victoria)

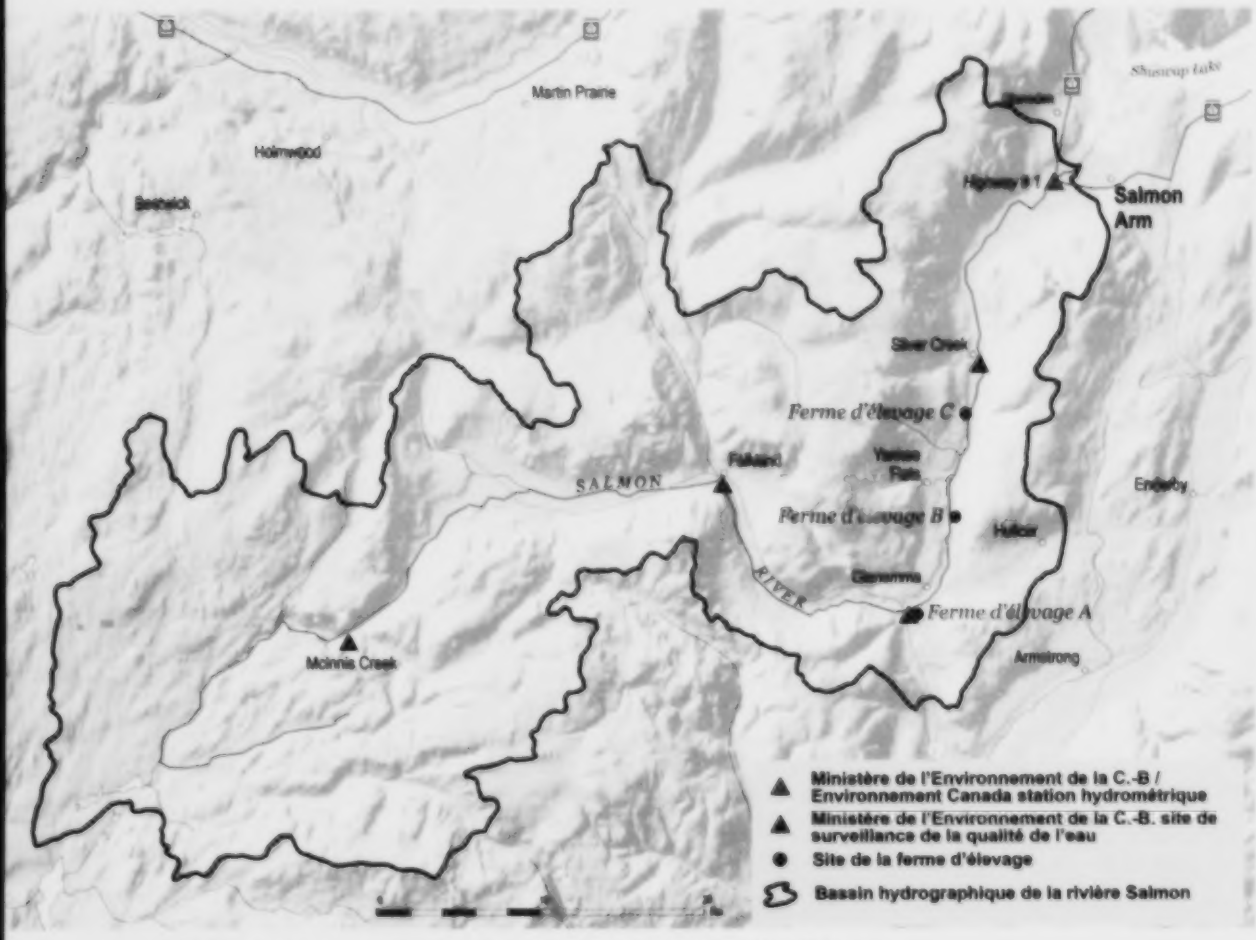


Figure 6 : Carte du bassin hydrographique de la rivière Salmon

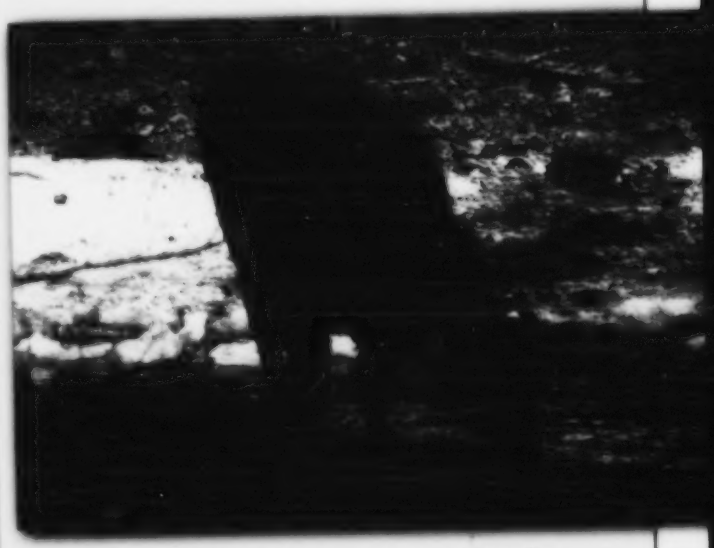
Contexte et enjeux

Le bassin hydrographique de 150 000 hectares de la rivière Salmon (figure 6), dans le centre-sud de la C.-B., abrite un cours d'eau exceptionnellement propice à la ponte des saumons. Ce bassin est caractérisé par de graves déficits en eau durant la période estivale et le début de l'automne. Au cours des 100 dernières années, l'exploitation forestière, l'agriculture et le développement urbain ont exercé une incidence croissante sur cette rivière. L'élevage en ranch et la production laitière (et les cultures fourragères qui accompagnent ces activités) sont les plus importantes utilisations agricoles ayant cours dans le fond de la vallée du bassin versant.

En général, les bovins d'élevage paissent sur les hautes terres boisées de la fin du printemps au début de l'automne. En hiver, le bétail est gardé et nourri à proximité de la rivière, où s'effectuent également les mise bas. Cela peut avoir des conséquences sur les zones riveraines et la qualité de l'eau, en raison du piétinement de la végétation et de la contamination fécale.

La qualité de l'eau du bassin hydrographique de la rivière Salmon est compromise par la présence de sédiments, de bactéries fécales et d'éléments nutritifs tels que l'azote et le phosphore. La contamination peut provenir du ruissellement de l'eau de surface, de l'infiltration des eaux souterraines, de l'érosion des berges, de l'accumulation de sédiments dans le cours d'eau et du fait que les bovins ont directement accès à la rivière. Le faible débit de la rivière en été et à l'automne, ainsi que les hautes températures estivales, suscitent également des inquiétudes.

La zone d'étude de l'EPBH comprend trois fermes bovines situées le long de la rivière, et représente des longueurs de berges atteignant entre 710 et 1600 m ainsi qu'une superficie d'environ 150 hectares.



Le piétinement de la végétation et la contamination fécale non contrôlé peuvent avoir des conséquences sur les zones riveraines et la qualité de l'eau.

Volet biophysique

Le volet biophysique de l'étude est axé sur l'évaluation des répercussions environnementales sur la qualité de l'eau des deux PGB suivantes :

- Clôture d'exclusion pour les bovins (et abreuvement à l'écart des cours d'eau)

Comme ces deux PGB ont été installées ensemble, elles ont été évaluées en fonction de leur incidence collective sur la qualité de l'eau, plutôt que séparément.

Description de la PGB et des résultats

Des clôtures d'exclusion des zones riveraines ont été installées dans les trois sites afin de restreindre l'accès du bétail à la rivière. Au cours des deux premières années de l'étude de l'EPBH, une partie de chaque ferme a été clôturée en amont d'un point médian fixé le long du cours d'eau, tandis que la partie située aval est restée accessible au bétail. Avec le temps,

La végétation se trouvant le long des berges a été étudiée sur une période de trois ans.

toutes les exploitations ont été entièrement clôturées, et des points d'abreuvement ont été aménagés à l'écart du cours d'eau. Les paramètres de qualité de l'eau portaient sur la concentration en nutriments, en sédiments et en bactéries (*E. coli* et coliformes fécaux).

L'exclusion du bétail a considérablement réduit la concentration d'*E. coli* et de sédiments fins dans l'eau, et a eu une incidence positive sur la végétation riveraine et la santé des invertébrés aquatiques. Toutefois, les résultats indiquent que l'activité d'élevage de type vache-veau n'est pas le seul facteur en cause dans l'augmentation de la teneur en N et P dans le sol ni dans la hausse des niveaux de carbone dans ce bassin. La surveillance de ces paramètres n'a pas permis de montrer d'améliorations dans la qualité de l'eau par suite de l'exclusion des bovins au moyen de clôtures.

Autres études biophysiques

Comme on s'attendait à ce qu'il soit difficile de déceler des changements dans la qualité de l'eau, notamment à brève échéance, plusieurs méthodes d'étude ont été employées. Ces méthodes ont permis de quantifier les effets des PGB sur la qualité de l'eau et sur d'autres paramètres biophysiques, et ont amélioré les connaissances au sujet de l'effet des relations des bassins versants sur les PGB. Ces études comprennent les suivantes :

- **Végétation riveraine** – La végétation se trouvant le long des berges a été étudiée sur une période de trois ans. Des comparaisons ont été effectuées entre les zones riveraines avec et sans clôtures d'exclusion du bétail. Les résultats ont montré que les clôtures favorisent la végétation dans les zones riveraines. Dans les zones d'exclusion où la clôture était installée depuis longtemps, on a noté une réduction significative de la surface de sol nu et une augmentation de la couverture végétale.
- **Nutriments du sol** – La concentration de différents nutriments, dont la présence était attribuable à une variété de cultures et de pratiques d'élevage, a été étudiée dans plus de 80 champs répartis dans le bassin hydrographique de la rivière Salmon, afin de fournir des données repères pour la modélisation. Les résultats ont montré que la plupart des champs situés en bordure de la rivière sont naturellement pauvres en N et P. Par conséquent, ils sont une source improbable de lessivage de nutriments dans la rivière.
- **Suivi des sources bactériennes** – Le suivi des sources fécales qui nuisent à la qualité de l'eau dans le bassin versant de la rivière Salmon a révélé que la faune, qui est constituée d'oiseaux pour une grande part, contribue davantage à la contamination bactérienne du bassin versant que les animaux domestiques, dont la contribution est minime.
- **Macro-invertébrés benthiques** – Un contrôle biologique des macro-invertébrés benthiques a été mené à 21 endroits le long de la rivière Salmon. Le contrôle comprenait un échantillonnage

visant à étudier 28 variables afin de déterminer l'incidence de l'agriculture et l'effet atténuant des PGB sur la santé des écosystèmes aquatiques. L'étude a montré que l'utilisation intensive des terres agricoles a une forte incidence négative sur les populations d'invertébrés aquatiques, alors que les bandes tampons riveraines en bonne santé atténuent les effets négatifs.

Volet économique

Une approche de recherche par consensus a été adoptée en collaboration avec plusieurs éleveurs de la région pour estimer l'information financière d'un ranch typique. Cette information a été versée dans le modèle d'analyse financière afin de générer des états financiers pour un groupe représentatif de fermes d'élevage dans la région. Les résultats de cette modélisation indiquent que la plupart des ranchs perdaient de l'argent avant même l'adoption des PGB. Les PGB étudiées dans ce projet sont coûteuses (de 8 000 $ à 9 000 $ par kilomètre pour les clôtures et 6 000 $ pour chaque installation d'abreuvement à l'écart des cours d'eau) et contribuent à accroître le déficit de l'exploitation.

Les éleveurs interrogés étaient tous entièrement en faveur du projet EPBH. Ils convenaient que la pollution constitue un problème et que tant les éleveurs que le reste de la population pourront bénéficier de l'adoption des PGB. Par contre, ils ont déclaré qu'ils ne pouvaient pas adopter ces PGB sans incitatif financier.

Comme la pêche au saumon et les autres activités récréatives sont très appréciées en C.-B., l'adoption des PGB pourrait avoir d'importantes retombées hors ferme. Il faut donc connaître la valeur de ces pratiques ainsi que le montant d'indemnisation à verser pour favoriser leur adoption.

Des clôtures riveraines (700 à 1 600 m de longueur) ont été installées dans les trois sites afin de restreindre l'accès du bétail à la rivière Salmon. Après la construction des clôtures, on a installé un point d'abreuvement à l'écart du cours d'eau.

Volet de modélisation

Dans le bassin versant de la rivière Salmon, on s'est servi du SWAT et d'un modèle prototype de projection de la qualité de l'eau sur le plan bactériologique pour réaliser la modélisation hydrologique. Le SWAT a été étalonné et validé à partir des débits mensuels de la rivière et des données sur l'exportation de nutriments recueillies entre 1996 et 2006.

Le SWAT a également été utilisé pour simuler les quantités maximales d'engrais de synthèse et de fumier qui pourraient être appliquées sans dépasser les lignes directrices provinciales sur la qualité de l'eau à l'exutoire du bassin. On a observé que les exportations de nitrates augmentaient de façon significative à chaque tranche de 100 kg d'engrais de synthèse appliquée en théorie. Par contre, les épandages de fumier n'ont pas augmenté sensiblement les exportations de nutriments.

Les débits mensuels et les exportations de nutriments simulés correspondaient d'assez près aux données relevées sur le terrain à l'exutoire du bassin. En revanche, les résultats obtenus aux points situés en amont variaient davantage. On a estimé la concentration de sédiments en fonction du débit et en ajustant les paramètres du modèle, à cause du manque de données. Les résultats sur la qualité d'eau doivent être réévalués en fonction de la concentration de sédiments, en faisant une comparaison avec les données de terrain. Pour améliorer les résultats de la modélisation, il faut rajuster le SWAT en fonction des facteurs qui influencent la fonte des neiges et le ruissellement de surface, et il faut intégrer des fonctions essentielles à la modélisation dues à la fois à la biomasse forestière et à celle des cultures.

Le modèle de projection de la qualité de l'eau sur le plan bactériologique a été conçu pour simuler le transfert de coliformes fécaux et de bactéries *E. coli* des sources animales vers le cours d'eau, tout en tenant compte des processus hydrologiques, du climat et des pratiques culturales dans le bassin versant. Les autres sources de bactéries présentes dans le bassin versant, comme la faune et les humains, ont été considérées, mais elles nécessitent l'ajout d'autres modules. Un module hydrologique a été mis au point pour prédire les débits journaliers. Le modèle a prédit que la fonte de neige printanière, et non la pluie, était la principale cause du ruissellement de surface.

Le modèle a bien fonctionné pour ce qui est de simuler les débits journaliers et les concentrations en coliformes fécaux mesurés sur le terrain, mais d'autres tests et travaux de validation devront être effectués pour confirmer l'efficacité de ce modèle. Afin d'évaluer plus efficacement les PGB, il faut peaufiner l'étalonnage du modèle pour projeter le débit, les sédiments et la qualité de l'eau.

Tableau sommaire des résultats

Les résultats de l'étude biophysique et économique et de la modélisation dans ce bassin hydrographique sont résumés dans le tableau 8.

Tableau 8 : Résumé des résultats obtenus dans le bassin hydrographique de la rivière Salmon (2004/5 - 2007/8)

PGB	RÉSULTATS BIOPHYSIQUES	RÉSULTATS ÉCONOMIQUES	MODÉLISATION HYDROLOGIQUE
Clôture d'exclusion pour les bovins (et abreuvement à l'écart des cours d'eau)	• Pas de réduction tangible de la charge de nutriments dans le ruisseau • Réduction tangible de la charge de sédiments fins et d'*E. coli* dans le ruisseau • Les clôtures ont eu une incidence positive sur la couverture végétale dans la zone riveraine • L'intensification de l'utilisation des terres affecte considérablement la santé aquatique et riveraine dans tout le bassin	• Coûts d'installation très élevés • Les avantages à court terme pour le propriétaire semblent être limités • Des incitatifs financiers ou réglementaires sont probablement requis pour encourager l'adoption de cette pratique	• Le SWAT et un modèle de projection de la qualité de l'eau sur le plan bactériologique ont été utilisés pour prédire le débit du ruisseau et les paramètres de qualité de l'eau. • D'autres tests et travaux de validation devront être effectués pour confirmer l'efficacité de ce modèle.

Les débits mensuels et les exportations de nutriments simulés correspondaient d'assez près aux données relevées sur le terrain à l'exutoire du bassin. En revanche, les résultats obtenus aux points situés en amont variaient davantage. On a estimé la concentration de sédiments en fonction du débit et en ajustant les paramètres du modèle, à cause du manque de données. Les résultats sur la qualité d'eau doivent être réévalués en fonction de la concentration de sédiments, en faisant une comparaison avec les données de terrain. Pour améliorer les résultats de la modélisation, il faut rajuster le SWAT en fonction des facteurs qui influencent la fonte des neiges et le ruissellement de surface, et il faut intégrer des fonctions essentielles à la modélisation dues à la fois à la biomasse forestière et à celle des cultures.

Le modèle de projection de la qualité de l'eau sur le plan bactériologique a été conçu pour simuler le transfert de coliformes fécaux et de bactéries *E. coli* des sources animales vers le cours d'eau, tout en tenant compte des processus hydrologiques, du climat et des pratiques culturales dans le bassin versant. Les autres sources de bactéries présentes dans le bassin versant, comme la faune et les humains, ont été considérées, mais elles nécessitent l'ajout d'autres modules. Un module hydrologique a été mis au point pour prédire les débits journaliers. Le modèle a prédit que la fonte de neige printanière, et non la pluie, était la principale cause du ruissellement de surface.

Le modèle a bien fonctionné pour ce qui est de simuler les débits journaliers et les concentrations en coliformes fécaux mesurés sur le terrain, mais d'autres tests et travaux de validation devront être effectués pour confirmer l'efficacité de ce modèle. Afin d'évaluer plus efficacement les PGB, il faut peaufiner l'étalonnage du modèle pour projeter le débit, les sédiments et la qualité de l'eau.

Tableau sommaire des résultats

Les résultats de l'étude biophysique et économique et de la modélisation dans ce bassin hydrographique sont résumés dans le tableau 8.

Tableau 8 : Résumé des résultats obtenus dans le bassin hydrographique de la rivière Salmon (2004/5 - 2007/8)

PGB	RÉSULTATS BIOPHYSIQUES	RÉSULTATS ÉCONOMIQUES	MODÉLISATION HYDROLOGIQUE
Clôture d'exclusion pour les bovins (et abreuvement à l'écart des cours d'eau)	• Pas de réduction tangible de la charge de nutriments dans le ruisseau • Réduction tangible de la charge de sédiments fins et d'*E. coli* dans le ruisseau • Les clôtures ont eu une incidence positive sur la couverture végétale dans la zone riveraine • L'intensification de l'utilisation des terres affecte considérablement la santé aquatique et riveraine dans tout le bassin	• Coûts d'installation très élevés • Les avantages à court terme pour le propriétaire semblent être limités • Des incitatifs financiers ou réglementaires sont probablement requis pour encourager l'adoption de cette pratique	• Le SWAT et un modèle de projection de la qualité de l'eau sur le plan bactériologique ont été utilisés pour prédire le débit du ruisseau et les paramètres de qualité de l'eau. • D'autres tests et travaux de validation devront être effectués pour confirmer l'efficacité de ce modèle.

Tout le monde bénéficie

Il ne fait aucun doute dans l'esprit de Jamie Felhauer que le projet EPBH de la rivière Salmon a eu une incidence positive sur les producteurs et sur d'autres résidents du bassin hydrographique. Le projet EPBH vise à évaluer dans quelle mesure les pratiques utilisées, comme la mise en place d'une clôture sur une zone riveraine et l'abreuvement loin des cours d'eau, protègent la qualité de l'eau de la rivière.

Les projets comme l'EPBH font de nombreux gagnants : les poissons, la rivière, et ceux qui vivent et travaillent le long des berges.

Mme Felhauer et présidente de la Table ronde sur le bassin hydrographique de la rivière Salmon (Salmon River Watershed Roundtable), l'organisme de conservation indépendant responsable en partie de la création du projet EPBH de la rivière Salmon.

« Le projet EPBH a encouragé les agriculteurs locaux à préparer des plans environnementaux des fermes et à entreprendre des projets dans le but d'améliorer la rivière et les zones riveraines, affirme-t-elle. Nous avons maintenant une liste d'attente de producteurs souhaitant mettre en place des projets tels que la construction de clôture le long des bandes riveraines et la remise en état des berges. »

« Tout le monde sort gagnant : le poisson, la rivière, les producteurs agricoles et tous les gens qui vivent au bord de la rivière et qui l'utilisent pour une raison ou une autre. »

Conclusions

L'équipe du projet EPBH du bassin versant de la rivière Salmon a fait d'important progrès vers une meilleure compréhension de la performance environnementale et économique de l'exclusion des bovins et de l'installation d'abreuvoirs à l'écart du cours d'eau. Ces PGB ont permis d'observer une nette amélioration de la végétation riveraine et une réduction de la concentration en sédiments fins et en bactéries. Il n'a pas été possible d'évaluer les concentrations de nutriments affectant la qualité de l'eau dans le cadre de ces PGB. Dans l'ensemble, les résultats indiquent que l'installation de clôtures et d'un système d'abreuvement à l'écart des cours d'eau permettent d'atténuer les effets de la présence des bovins dans les ruisseaux fréquentés par les saumons.

L'analyse économique a montré que l'installation de clôtures et de systèmes d'abreuvement à l'écart des cours d'eau s'avérait trop coûteuse en l'absence d'incitatifs financiers ou réglementaires suffisants, vu les difficultés financières que connaît le secteur des bovins de boucherie.

La modélisation hydrologique a été entreprise avec succès dans le bassin versant de la rivière Salmon, grâce aux données recueillies sur le terrain dans le cadre du projet EPBH. Les modèles ont

bien fonctionné, mais on prévoit qu'ils fonctionneront encore mieux après l'ajout de données sur le débit, les propriétés chimiques, les concentrations en bactéries, la météorologie et d'autres données de terrain, dans la phase suivante du projet.

D'autres travaux de collecte de données et d'analyse seront nécessaires pour accroître la fiabilité des premières conclusions de tous les volets du projet.

Remerciements

Les autres personnes et organismes qui ont contribué à cette étude sont : Asit Mazumder et Leon Gaber (University of Victoria), Bruce Roddan (AAC), Erin Vieira (Fraser Basin Council), Jamie Felhauer et Mike Wallis (Salmon River Watershed Roundtable), Cindy Meays et coll. (BC Ministry of Environment), BC Ministry of Agriculture and Lands, d'autres membres du comité directeur de l'EPBH de la rivière Salmon ainsi que les étudiants les producteurs qui ont collaboré au projet.

Les résultats indiquent que l'installation de clôtures et d'un système d'abreuvement à l'écart du cours d'eau permet d'atténuer les effets de la présence des bovins dans les ruisseaux fréquentés par les saumons. Toutefois, ces conclusions devront être vérifiées à plus long terme.

1.2

Bassin hydrographique de la rivière Lower Little Bow (Alberta)

Responsable du bassin hydrographique : Jim Miller (AAC)
Économistes du site : Carlyle Ross et Elwin Smith (AAC)
Responsable de la modélisation hydrologique du site : Michel Rahbeh (University of Alberta)

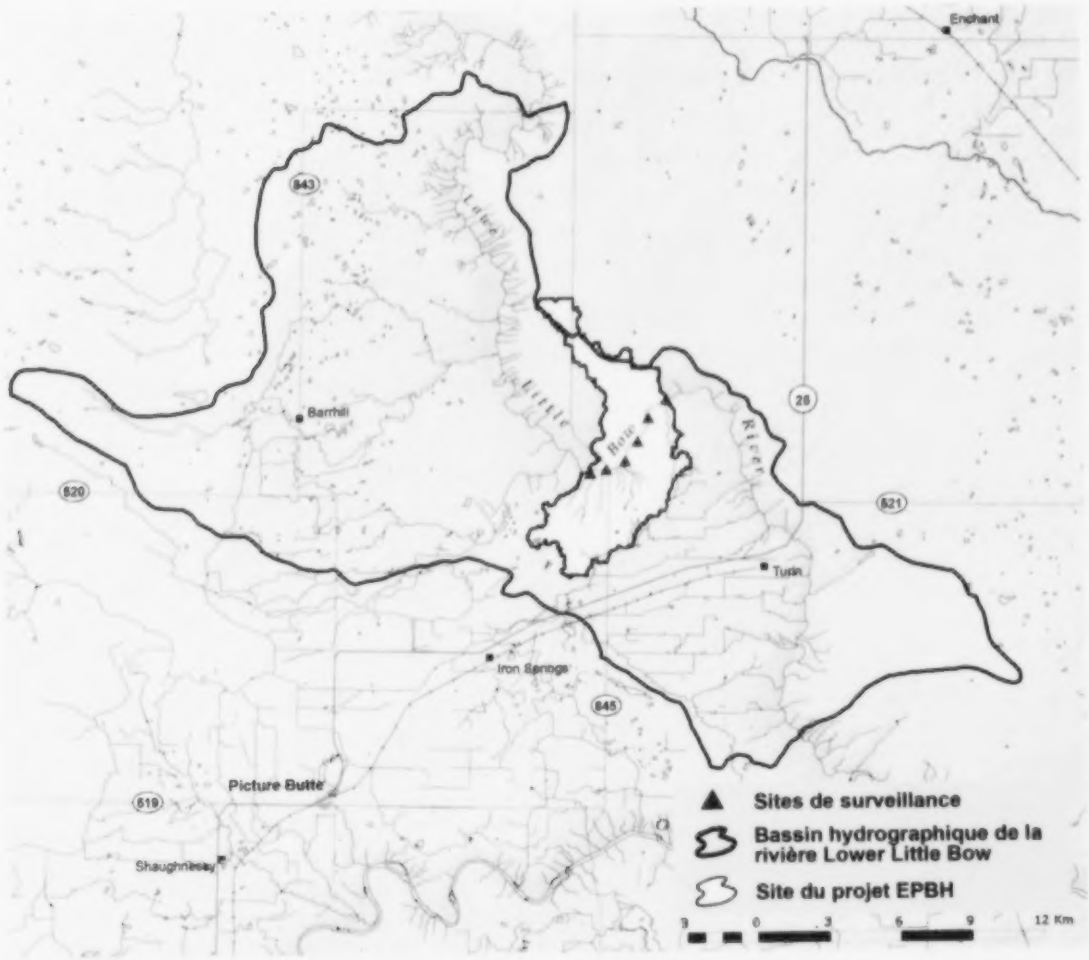


Figure 7 : Carte du bassin hydrographique de la rivière Lower Little Bow

Contexte et enjeux

D'une superficie de 2 565 hectares, le bassin hydrographique de la rivière Lower Little Bow (figure 7) est situé à l'intérieur du bassin de la rivière Oldman, à 35 km environ au nord de Lethbridge, dans le sud de l'Alberta. Il s'agit d'un bassin hydrographique unique en son genre : le débit de la rivière est en effet régulé par des réservoirs d'irrigation en circuit et le climat est dominé par de forts vents chinook. Dans le bassin hydrographique, les terres sont utilisées pour la culture irriguée et non irriguée, ainsi que pour le pâturage sur un parcours naturel.

Depuis 1999, le bassin hydrographique de la rivière Lower Little Bow a été étudié dans le cadre de l'initiative pour la qualité de l'eau du bassin de la rivière Oldman. Les résultats obtenus, corroborés par d'autres études, montrent que les éléments nutritifs issus du fumier et des engrais, ainsi que les bactéries provenant du fumier pourraient nuire à la qualité de l'eau de la rivière. Les principaux contaminants qui affectent la qualité de l'eau sont les bactéries, le phosphore et, dans une moindre mesure, l'azote.

Le climat sec et les sols sablonneux du bassin hydrographique de la rivière Lower Little Bow font que les eaux de ruissellement coulent de manière sporadique. Les chercheurs ont eu recours à un simulateur de pluie pour effectuer un échantillonnage régulier.

Volet biophysique

Le volet biophysique de l'étude est axé sur l'évaluation des répercussions environnementales sur la qualité de l'eau des cinq PGB suivantes :

- Clôture le long des berges et passage pour les bovins
- abreuvement à l'écart des cours d'eau (sans clôture)
- conversion à un couvert végétal permanent (luzerne)
- gestion du fumier
- bandes tampons

Description des PGB et résultats

Clôture le long des berges et passage pour les bovins

Une bande de 800 m de chaque côté de la rivière a été clôturée pour empêcher l'accès des bovins à la zone riveraine, ce qui laisse un passage unique pour les animaux. On empêche ainsi les bovins de déféquer dans la rivière et de contribuer à l'érosion des berges. Des abreuvoirs ont été installés à l'écart du cours d'eau, et la qualité de l'eau est maintenant surveillée en amont et en aval de la zone clôturée. Un appareil portable qui simule les précipitations (simulateur de pluie) a été utilisé pour produire du ruissellement dans le cadre de cette PGB et de quatre autres pratiques étudiées.

La plupart des paramètres de qualité de l'eau ne se sont pas améliorés par suite de l'installation de clôtures le long des berges. En revanche, on a noté une amélioration de l'état des parcours et de la zone riveraine, un indicateur plus précis de la qualité de l'eau de la rivière. En outre, un pâturage non accessible aux bovins situé le long du cours d'eau a eu un effet de bande tampon en réduisant le ruissellement et en filtrant certains contaminants.

Abreuvement à l'écart des cours d'eau (sans clôture)

On a étudié l'abreuvement à l'écart des cours d'eau (sans clôture) afin de déterminer s'il était possible de réduire les problèmes de qualité de l'eau causés par la présence du bétail sans pour autant engager les dépenses liées à l'installation et à l'entretien d'une clôture d'exclusion. On a évalué la qualité de l'eau de la rivière en amont et en aval du point situé vis-à-vis des abreuvoirs installés en retrait.

La plupart des paramètres de qualité de l'eau ne se sont pas améliorés par suite de cette PGB. Par contre, malgré l'absence de clôtures, l'état de la bande riveraine s'est améliorée légèrement, même si cette amélioration n'était pas aussi nette qu'avec la pratique d'installation de clôtures le long des berges.

Conversion à un couvert végétal permanent (luzerne)

On a évalué la quantité et la qualité des eaux de ruissellement dans deux champs ensemencés en orge (culture annuelle) et en luzerne (couverture végétale permanente) afin de déterminer si la conversion au couvert végétal permanent contribuait à réduire la quantité d'eau de ruissellement et la concentration en contaminants dans les eaux de ruissellement.

La conversion à la luzerne n'a pas amélioré la qualité des eaux de ruissellement. Toutefois, de nombreux facteurs agronomiques et environnementaux ont peut-être contribué à ces résultats. Par exemple, il y a plus de résidus végétaux sous l'orge que sous la luzerne. En outre, l'ensemencement non prévu de triticale d'hiver dans les chaumes d'un champ d'orge a peut-être empêché d'obtenir d'importantes améliorations dans la qualité de l'eau. D'autres facteurs environnementaux, tels que l'année, la chronologie des simulations de précipitations et le couvert végétal ont peut-être aussi contribué à cette situation.

Gestion du fumier

Une étude sur le terrain a été menée pour évaluer un régime d'épandage de fumier en fonction des besoins en phosphore (P). Auparavant, le fumier était appliqué en fonction des besoins en azote (N) des cultures, de sorte que le phosphore avait été appliqué à une dose qui avait provoqué une accumulation de cet élément dans le sol. Pour évaluer cette PGB, on a comparé trois traitements d'épandage de fumier en examinant l'absorption annuelle de N par les cultures, l'absorption annuelle de P par les cultures et les besoins en P des cultures pendant les trois années de l'étude.

Les résultats au sujet de la qualité de l'eau étaient mitigés. Les concentrations en P dissous étaient considérablement moins élevées, mais les concentrations en particules de P et en P total ne l'étaient pas.

Bandes tampons

Les chercheurs ont évalué l'effet de l'implantation de végétation dans une zone tampon riveraine sur la qualité des eaux de surface provenant du ruissellement naturel des champs et de précipitations simulées. Les parcelles de végétation étaient composées graminées indigènes, de graminées cultivées et de luzerne, d'orge (parcelle témoin), et d'un mélange de graminées et d'arbustes. Les essais ont été menés sur trois largeurs de bande tampon (trois, six et neuf mètres).

En raison du ruissellement minimal en nappe (eau de fonte des neiges ou de pluie) dans le bassin de la rivière Lower Little Bow, les résultats ont confirmé que les bandes tampons ne sont généralement pas nécessaires. Toutefois, lors des périodes de très fortes précipitations, les résultats indiquent qu'une bande tampon de 6 mètres de largeur pourrait aider à réduire les pertes de sédiments et de N à partir des champs ayant reçu de l'engrais.

Autres études biophysiques

Comme on s'attendait à ce que le changement de la qualité de l'eau puisse être difficile à déceler, notamment à court terme, plusieurs méthodes d'étude ont été employées. Ces méthodes ont permis de quantifier les effets des PGB sur la qualité de l'eau et sur d'autres paramètres biophysiques, et d'obtenir une connaissance plus précise de l'effet des relations des bassins versants sur le rendement des PGB. Ces méthodes comprenaient les suivantes :

- **Évaluation de l'état des zones riveraines** – Six facteurs relatifs à la végétation et cinq facteurs relatifs au sol et à l'hydrologie ont été utilisés pour évaluer l'état des terres riveraines avant et après la mise en œuvre des PGB. Les terres riveraines ont ensuite été classées en trois catégories : en bon état, en bon état mais avec des problèmes et en mauvais état. On a observé que la pose de clôtures le long des berges avait contribué à améliorer l'état des zones riveraines.
- **Évaluation de l'état des parcours naturels** – L'état de santé des parcours naturels a été évalué dans des pâturages riverains auxquels les bovins avaient accès (non clôturés) et n'avaient pas accès (clôture d'exclusion). On a observé que la pose de clôtures le long des berges pour exclure les bovins des pâturages riverains permettait d'améliorer l'état des parcours.
- **Comportement des bovins** – On a observé le comportement des bovins et compté le nombre de bouses le long de la rivière, avant et après la mise en place des abreuvoirs à l'écart du cours d'eau, en l'absence de clôtures d'exclusion. On n'a pas observé de diminution significative du nombre de bovins le long des berges, dans le ruisseau ou s'abreuvant dans la rivière après la mise en place des PGB. Toutefois,

On a surveillé le comportement des bovins et la répartition des bouses, avant et après la PGB consistant en l'installation de points d'abreuvement à l'écart du cours d'eau sans construction de clôture.

les effets potentiels des PGB ont été éclipsés par les différences de niveaux de précipitations durant la période avant et après la mise en place des PGB. D'autres études devront être menées sur une longue période de temps.

- **Impact des systèmes d'abreuvement du bétail sur les nutriments du sol** – Bien que les systèmes d'abreuvement à l'écart des cours d'eau permettent de garder le bétail et les sources de contamination fécale loin du cours d'eau, les résultats de ce projet d'échantillonnage du sol ont montré que des concentrations extrêmes de nutriments peuvent survenir à la surface du sol près des abreuvoirs.
- **Analyse spatiale** – L'analyse spatiale de l'utilisation des sols, de la topographie et de l'hydrologie du bassin versant a été effectuée à l'aide du SIG. L'information produite s'est avérée utile pour comprendre l'hydrologie et la répartition des nutriments dans le bassin hydrographique, et pourrait aussi aider à affiner la modélisation hydrologique.
- **Équilibre des nutriments** – Un bilan N et P établi dans le bassin versant en utilisant de l'information agronomique fournie par les producteurs a révélé l'existence d'un excédent de nutriments qui était principalement causé par les épandages de fumier, et aussi par les apports d'engrais. Cette information peut aider à cibler les PGB dans le but de gérer les surplus de nutriments et, partant, de protéger la qualité de l'eau.

Des évaluations de parcours effectuées dans le bassin hydrographique de la rivière Lower Little Bow ont permis de conclure que l'état des pâturages s'était amélioré après l'installation d'une clôture d'exclusion des bovins.

Volet économique

Un modèle représentatif d'élevage vache-veau et un modèle représentatif de parc d'engraissement ont été élaborés à partir de fermes typiques de la région. Ces exploitations de référence étaient rentables avant l'adoption des PGB. Ces modèles ont été utilisés pour évaluer le coût de toutes les PGB sauf la gestion du fumier. Le modèle d'élevage vache-veau a révélé que l'adoption de ces PGB pourrait réduire considérablement les flux de trésorerie de l'exploitation agricole, selon le niveau relatif de protection de la qualité de l'eau obtenu en modulant la largeur des bandes riveraines, par exemple.

Dans le cas de l'abreuvement à l'écart des cours d'eau et des bandes tampons, des incitatifs financiers considérables seraient probablement nécessaires pour encourager l'adoption de ces pratiques. L'installation d'abreuvoirs à l'écart du ruisseau, sans pose de clôture, coûterait moins cher et, grâce aux avantages comme une hausse de la productivité de l'élevage vache-veau ou l'amélioration de l'exploitation des pâturages, ne nécessiterait probablement pas d'importants incitatifs pour encourager son adoption. La transition de la culture de l'orge à l'implantation d'une couverture végétale permanente (luzerne) a entraîné une légère réduction des flux de trésorerie, et on prévoit qu'il ne serait probablement pas nécessaire de recourir à des incitatifs financiers ou réglementaires pour encourager l'adoption de cette pratique.

Étant donné que l'hydrologie du bassin hydrographique de la rivière Lower Little Bow est dominée par l'irrigation, le modèle hydrologique a dû être étalonné et validé au moyen de l'intégration d'une composante d'irrigation.

On s'est servi d'un modèle de programmation non linéaire pour le transport du fumier et l'adoption d'un régime de cultures afin d'examiner les coûts d'épandage du fumier en fonction des besoins en N, des besoins en P, ainsi qu'en appliquant une triple dose de P une fois tous les trois ans. L'application de la quantité de fumier requise pour combler les besoins en P des cultures s'est avérée beaucoup plus coûteuse en fait de coût de transport et de hausse de rendement des cultures. Toutefois, l'épandage de fumier aux trois ans, de manière à tripler la dose de P, a permis de réduire quelque peu les coûts.

Volet de modélisation

Dans le bassin versant de la rivière Lower Little Bow, la modélisation hydrologique a été réalisée avec le modèle SWAT pour simuler le débit à la sortie du bassin versant et pour intégrer l'irrigation à partir de sources internes et externes. Comme la moitié du bassin versant est irriguée, il a fallu étalonner et valider le modèle en intégrant un module d'irrigation. Cela a compliqué le processus de modélisation à court terme, mais le modèle sera plus précis et plus réaliste pour les simulations qui seront effectuées à l'avenir.

Bien que les données n'étaient pas disponibles pour modéliser avec précision les pratiques d'irrigation existantes, le modèle a été initialement calibré en fonction de trois scénarios de portée générale :

- aucune irrigation
- irrigation illimitée
- irrigation fixe

On a observé une bonne corrélation entre les débits prédits par le modèle et les débits dérivés des mesures enregistrées. Toutefois, il faudra encore affiner le modèle afin de mieux représenter les conditions physiques réelles dans le bassin versant. Bien que les résultats de modélisation obtenus au cours des deux premières années d'étude soient prometteurs, des

années d'études supplémentaires seront nécessaires pour tenir compte des variations saisonnières et annuelles dans les conditions météorologiques et le débit. Grâce à une surveillance continue et à un nouvel étalonnage effectué avec des données plus précises sur la source, le volume et l'échelonnement de l'irrigation, le modèle devrait fournir de meilleurs résultats.

Les concentrations en sédiments et en nutriments n'ont pas été étalonnées, et les PGB n'ont pas encore été évaluées non plus au moyen de la modélisation hydrologique dans ce bassin versant. La modélisation des PGB de l'irrigation et de l'épandage de fumier et de l'apport d'engrais est prévue pour la prochaine phase de l'EPBH.

Tableau sommaire des résultats

Les résultats de l'étude biophysique et économique et de la modélisation dans ce bassin hydrographique sont résumés dans le tableau 9.

Conclusions

De nombreuses méthodes d'étude ont été appliquées dans le projet EPBH de la rivière Lower Little Bow pour tenter de résoudre les difficultés liées à la recherche sur les PGB à l'échelle du bassin versant. Dans bien des cas, il s'est avéré difficile de dégager des conclusions claires au sujet de l'incidence des PGB sur la qualité de l'eau, mais c'est souvent ce qui se produit dans les recherches menées à court terme à l'échelle des bassins versants. On a néanmoins beaucoup appris sur les processus des bassins versants en général.

De nombreux facteurs ont peut-être nui aux conclusions concernant les effets de ces PGB sur la qualité de l'eau, notamment le manque de ruissellement naturel, les structures de régulation du débit de la rivière Lower Little Bow, le retour d'eau d'irrigation dans la rivière, la contamination du fleuve par les animaux sauvages ou d'autres sources d'eau souterraine, ou encore le faible nombre d'années d'évaluation post-PGB. L'état des zones riveraines s'est révélé un indicateur plus précis que la qualité de l'eau de la rivière pour ce qui est d'évaluer la pratique d'exclusion des bovins et d'abreuvement à l'écart des cours d'eau.

L'analyse économique a montré qu'il faudrait vraisemblablement offrir des incitatifs financiers pour encourager l'adoption de toutes ces PGB, mais en fait, dans le cas de l'installation d'abreuvoirs à l'écart du cours d'eau sans clôture d'exclusion et de la conversion à une couverture végétale permanente, il ne serait peut-être pas nécessaire d'offrir un montant aussi élevé que pour les autres PGB en raison de leurs bénéfices à la ferme ou des faibles coûts de mise en œuvre.

La modélisation hydrologique a été réussie dans ce projet. Le modèle fonctionnait bien, et on prévoit qu'il fonctionnera encore mieux après l'ajout de données supplémentaires recueillies sur le terrain, au cours de la prochaine phase du projet.

D'autres travaux de collecte de données et d'analyse seront nécessaires pour accroître la fiabilité des premières conclusions de tous les volets du projet.

Remerciements

Les autres personnes et organismes qui ont contribué à cette étude sont : Tony Curtis, Dennis Lastuka, Murray Lewis et Walter Willms (AAC); Andrea Kalischuk, Barry Olson et Janelle Villeneuve (Alberta Agriculture and Rural Development); Dwayne Rogness (County of Lethbridge); Kim Schmitt (Canards Illimités Canada); Shane Petry (Pêches et Océans Canada); David Chanasyk (University of Alberta); les autres membres du comité directeur de l'EPBH de la rivière Lower Little Bow, ainsi que les étudiants et les producteurs qui ont participé au projet.

Tableau 9 : Résumé des résultats obtenus dans le bassin hydrographique de la rivière Lower Little Bow (2004/5 - 2007/8)

PGB	RÉSULTATS BIOPHYSIQUES	RÉSULTATS ÉCONOMIQUES	MODÉLISATION HYDROLOGIQUE
Clôture le long des berges et passage pour les bovins (abreuvement à l'écart des cours d'eau)	• La plupart des paramètres de qualité de l'eau ne se sont pas améliorés par suite de cette PGB. • Amélioration de l'état de la bande riveraine. • L'exclusion des bovins du pâturage a eu un effet de tampon.	• Coûts d'installation très élevés. • Les avantages à court terme pour le propriétaire semblent être limités. • Des incitatifs financiers ou réglementaires sont probablement requis pour encourager l'adoption de cette pratique.	• Le modèle SWAT a été utilisé pour simuler le débit à l'exutoire du bassin versant et pour intégrer des scénarios concernant l'irrigation. • Les charges en sédiments et en nutriments n'ont pas été étalonnées et les PGB n'ont pas encore été évaluées non plus. • Les résultats de la modélisation sont prometteurs et bénéficieront des autres données qui seront recueillies sur le terrain.
Abreuvement à l'écart des cours d'eau (sans clôture)	• La plupart des paramètres de qualité de l'eau ne se sont pas améliorés par suite de cette PGB. • Amélioration de l'état de la bande riveraine. • Hausse de la teneur de certains nutriments dans le sol et l'eau de lessivage à côté des abreuvoirs placés à l'écart du ruisseau.	• Faible réduction des liquidités de la ferme. • Les avantages potentiels calculés (répartition des bovins) pourraient contrebalancer les coûts à la ferme. • Des incitatifs financiers ou autres minimes sont probablement requis pour encourager l'adoption de cette pratique.	
Conversion à un couvert végétal permanent (luzerne)	• Aucune amélioration observée dans la qualité de l'eau de ruissellement.	• Faible réduction des liquidités de la ferme. • Des incitatifs financiers ou autres minimes sont probablement requis pour encourager l'adoption de cette pratique.	
Gestion du fumier	• Réduction de la charge en P dissous vers l'eau de surface. • Aucune réduction de la charge en P (particules ou total) vers l'eau de surface.	• Réduction du revenu net à cause des coûts de transport du fumier et des baisses de rendement dues à la réduction des nutriments. • Les coûts dépendent du ratio N/P du fumier épandu. • Des incitatifs financiers ou réglementaires sont probablement requis pour encourager l'adoption de cette pratique.	

PGB	RÉSULTATS BIOPHYSIQUES	RÉSULTATS ÉCONOMIQUES	MODÉLISATION HYDROLOGIQUE
Bandes tampons	• Aucun avantage observé dans la qualité de l'eau. • Durant les périodes de forte pluie, une bande tampon de 6 m de large peut permettre de réduire les pertes de sédiments et d'azote d'un champ ayant reçu de l'engrais.	• Les bandes en herbe ont réduit marginalement les liquidités. • Les bandes tampons composées de bosquets et d'arbres coûtent cher à implanter et à entretenir. • Les coûts varient selon la largeur de la bande tampon et le niveau de protection environnementale recherché. • Des incitatifs financiers ou réglementaires sont probablement requis pour encourager l'adoption de cette pratique.	

Ça répond aux règles de bon voisinage

En ce qui concerne la colonie huttérite de Turin, améliorer la qualité de l'eau dans la Lower Little Bow répond simplement aux règles de bon voisinage.

« Nous croyons qu'il est important de faire notre part afin d'améliorer la qualité de l'eau de la rivière, déclare un porte-parole de la colonie, tant dans notre intérêt que dans celui de tous ceux qui habitent en aval. »

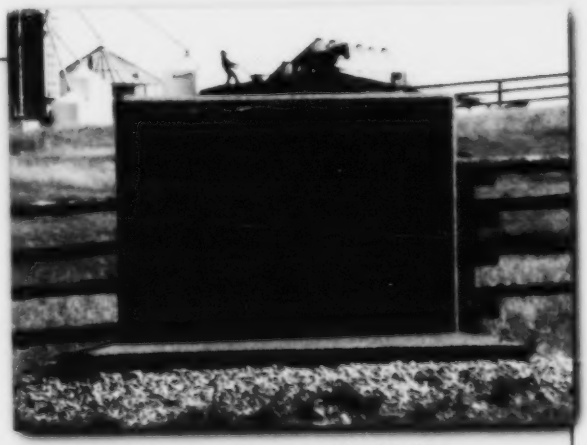


Photo : D. Rogness, County of Lethbridge

La colonie est un simple groupe parmi les nombreux producteurs qui dépendent de la rivière Lower Little Bow. Elle s'en sert entre autres pour abreuver le bétail à la ferme. Dans le cadre de l'EPBH, la colonie a installé un système d'abreuvement des bovins à l'écart du cours d'eau, clôturé une partie de la bande riveraine le long de la rivière et converti des terres cultivées en y établissant une couverture végétale permanente, le tout afin de réduire la concentration en nutriments dans la rivière.

Tableau 9 : Résumé des résultats obtenus dans le bassin hydrographique de la rivière Lower Little Bow (2004/5 - 2007/8)

PGB	RÉSULTATS BIOPHYSIQUES	RÉSULTATS ÉCONOMIQUES	MODÉLISATION HYDROLOGIQUE
Clôture le long des berges et passage pour les bovins (abreuvement à l'écart des cours d'eau)	• La plupart des paramètres de qualité de l'eau ne se sont pas améliorés par suite de cette PGB. • Amélioration de l'état de la bande riveraine. • L'exclusion des bovins du pâturage a eu un effet de tampon.	• Coûts d'installation très élevés. • Les avantages à court terme pour le propriétaire semblent être limités. • Des incitatifs financiers ou réglementaires sont probablement requis pour encourager l'adoption de cette pratique.	• Le modèle SWAT a été utilisé pour simuler le débit à l'exutoire du bassin versant et pour intégrer des scénarios concernant l'irrigation. • Les charges en sédiments et en nutriments n'ont pas été étalonnées et les PGB n'ont pas encore été évaluées non plus. • Les résultats de la modélisation sont prometteurs et bénéficieront des autres données qui seront recueillies sur le terrain.
Abreuvement à l'écart des cours d'eau (sans clôture)	• La plupart des paramètres de qualité de l'eau ne se sont pas améliorés par suite de cette PGB. • Amélioration de l'état de la bande riveraine. • Hausse de la teneur de certains nutriments dans le sol et l'eau de lessivage à côté des abreuvoirs placés à l'écart du ruisseau.	• Faible réduction des liquidités de la ferme. • Les avantages potentiels calculés (répartition des bovins) pourraient contrebalancer les coûts à la ferme. • Des incitatifs financiers ou autres minimes sont probablement requis pour encourager l'adoption de cette pratique.	
Conversion à un couvert végétal permanent (luzerne)	• Aucune amélioration observée dans la qualité de l'eau de ruissellement.	• Faible réduction des liquidités de la ferme. • Des incitatifs financiers ou autres minimes sont probablement requis pour encourager l'adoption de cette pratique.	
Gestion du fumier	• Réduction de la charge en P dissous vers l'eau de surface. • Aucune réduction de la charge en P (particules ou total) vers l'eau de surface.	• Réduction du revenu net à cause des coûts de transport du fumier et des baisses de rendement dues à la réduction des nutriments. • Les coûts dépendent du ratio N/P du fumier épandu. • Des incitatifs financiers ou réglementaires sont probablement requis pour encourager l'adoption de cette pratique.	

PGB	RÉSULTATS BIOPHYSIQUES	RÉSULTATS ÉCONOMIQUES	MODÉLISATION HYDROLOGIQUE
Bandes tampons	• Aucun avantage observé dans la qualité de l'eau. • Durant les périodes de forte pluie, une bande tampon de 6 m de large peut permettre de réduire les pertes de sédiments et d'azote d'un champ ayant reçu de l'engrais.	• Les bandes en herbe ont réduit marginalement les liquidités. • Les bandes tampons composées de bosquets et d'arbres coûtent cher à implanter et à entretenir. • Les coûts varient selon la largeur de la bande tampon et le niveau de protection environnementale recherché. • Des incitatifs financiers ou réglementaires sont probablement requis pour encourager l'adoption de cette pratique.	

Ça répond aux règles de bon voisinage

En ce qui concerne la colonie huttérite de Turin, améliorer la qualité de l'eau dans la Lower Little Bow répond simplement aux règles de bon voisinage.

« Nous croyons qu'il est important de faire notre part afin d'améliorer la qualité de l'eau de la rivière, déclare un porte-parole de la colonie, tant dans notre intérêt que dans celui de tous ceux qui habitent en aval. »

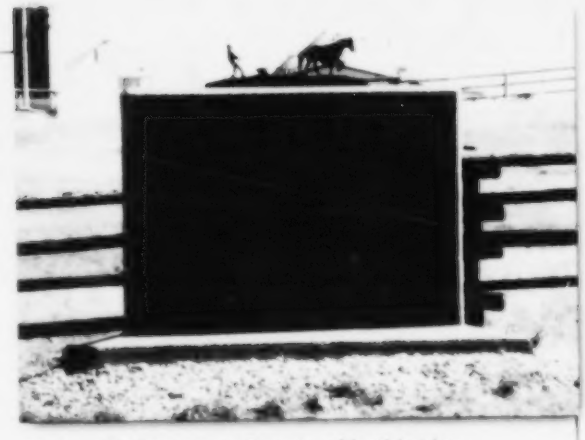


Photo : D. Rogness, County of Lethbridge

La colonie est un simple groupe parmi les nombreux producteurs qui dépendent de la rivière Lower Little Bow. Elle s'en sert entre autres pour abreuver le bétail à la ferme. Dans le cadre de l'EPBH, la colonie a installé un système d'abreuvement des bovins à l'écart du cours d'eau, clôturé une partie de la bande riveraine le long de la rivière et converti des terres cultivées en y établissant une couverture végétale permanente, le tout afin de réduire la concentration en nutriments dans la rivière.

Bassin hydrographique du ruisseau Tobacco Sud / Steppler (Manitoba)

Responsable du bassin hydrographique : Jim Yarotski (AAC)
Économiste du site : Mohammad Khakbazan (AAC)
Responsable de la modélisation hydrologique et de la modélisation intégrée : Wanhong Yang (University of Guelph)

Figure 8 : Carte du bassin hydrographique du ruisseau Tobacco Sud / Steppler

1.3

Bassin hydrographique du ruisseau Tobacco Sud / Steppler (Manitoba)

Responsable du bassin hydrographique : Jim Yarotski (AAC)
Économiste du site : Mohammad Khakbazan (AAC)
Responsable de la modélisation hydrologique et de la modélisation intégrée : Wanhong Yang (University of Guelph)

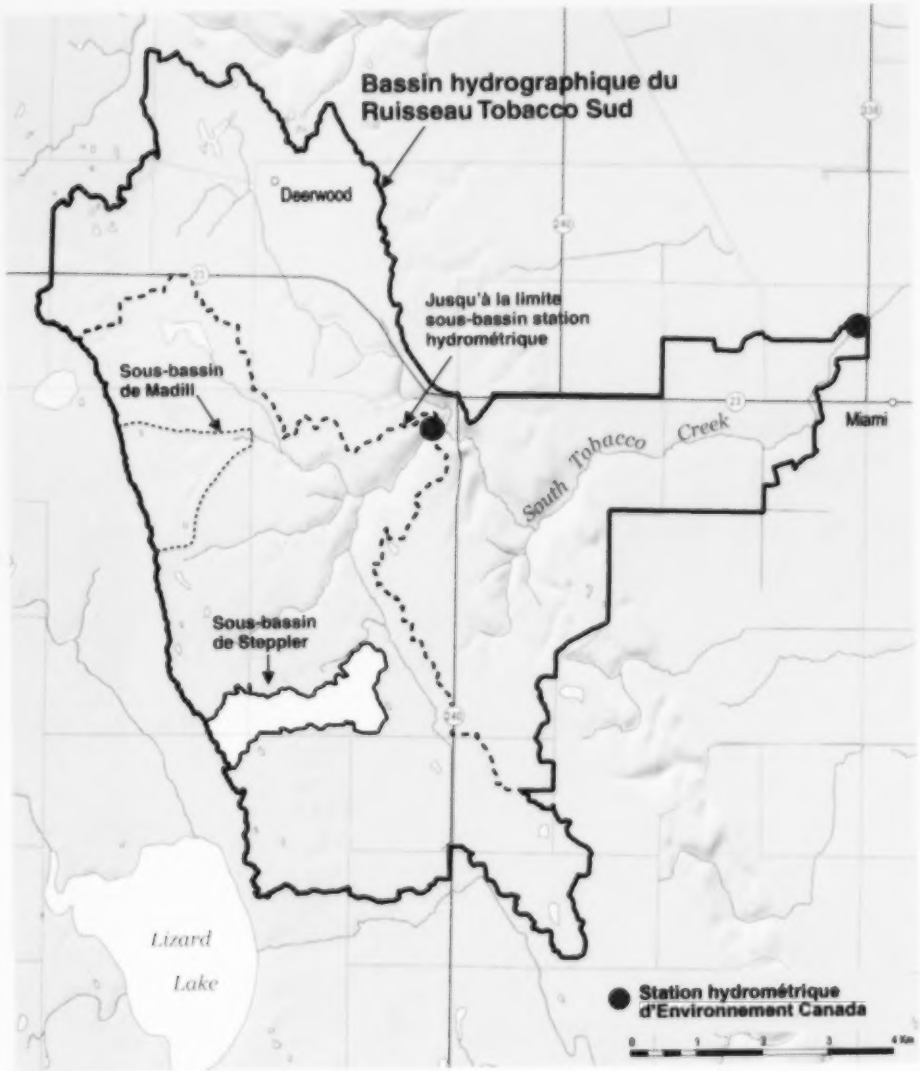


Figure 8 : Carte du bassin hydrographique du ruisseau Tobacco Sud / Steppler

Contexte et enjeux

Le micro-bassin hydrographique Steppler, qui couvre une superficie de 206 hectares, est situé à l'intérieur des 7 600 hectares du bassin hydrographique du ruisseau Tobacco Sud (figure 8), près de Miami, au sud-ouest de Winnipeg (Manitoba). Le projet de Steppler a cela de particulier qu'il couvre une seule exploitation agricole. Dans ce bassin, les terres sont utilisées à des fins agricoles et 71 % sont consacrées aux cultures annuelles. Le blé et le canola sont les deux cultures dominantes dans ce secteur. Ces dernières années, on a observé une augmentation des superficies consacrées à l'avoine, au canola et aux cultures fourragères.

Le ruisseau Tobacco Sud se jette dans la rivière Morris, laquelle se jette elle-même dans la rivière Rouge, qui coule vers le nord et débouche sur le lac Winnipeg. Dans les petits bassins versants tels que celui du ruisseau Tobacco Sud, la charge de nutriments peut éventuellement contribuer à des charges cumulatives plus élevées en aval, dans les grands écosystèmes de la rivière Rouge et du lac Winnipeg.

Le gouvernement de Manitoba s'est engagé[8] à réduire les quantités de N et de P qui entrent dans le lac Winnipeg de manière à les ramener aux niveaux enregistrés avant 1970. Pour ce faire, il doit avant tout s'attaquer aux sources non ponctuelles en amont du bassin.

La validation de PGB efficaces pourrait grandement aider à déterminer comment faire porter les efforts pour réduire cette charge. Par conséquent, la sélection des PGB pour cette étude était fondée sur leur adaptabilité au paysage local et sur la probabilité que les producteurs accepteraient et adopteraient ces pratiques.

Les études scientifiques menées depuis plus de 15 ans dans ce bassin versant ont permis d'accumuler un ensemble utile de données de référence agronomiques et environnementales.

Volet biophysique

Le volet biophysique de l'étude est axé sur l'évaluation des répercussions environnementales sur la qualité de l'eau des cinq PGB suivantes :

- Conversion à un couvert végétal permanent (mélange graminées / luzerne)
- Récolte dans les bandes riveraines (pâturage / récolte mécanisée)
- Bassin de retenue (pour le purin)
- Petits réservoirs
- Aucun labour (conservation) / labour conventionnel

Description des PGB et résultats

Conversion à un couvert végétal permanent (mélange graminées / luzerne)

L'évaluation des conséquences de la conversion des terres cultivées en terres fourragères sur la quantité et la qualité de l'eau s'effectue par l'entremise de l'utilisation de bassins hydrographiques jumeaux appliqués à deux ensembles de sous-bassins. Deux champs ont continué de recevoir des cultures annuelles et deux champs ont été convertis aux cultures fourragères.

Bien que l'évaluation de cette PGB soit incomplète en raison du manque de données, les chercheurs ont observé une tendance à la diminution du degré de ruissellement et de la concentration de N dissous provenant des cultures fourragères. Néanmoins, la concentration de N et P mesurée dans les eaux de ruissellement provenant des champs en fourrage et des champs cultivés reste supérieure aux lignes directrices concernant la qualité de l'eau requise pour protéger les écosystèmes aquatiques.

[8] Plan d'action de protection du lac Winnipeg (2003) http://www.gov.mb.ca/waterstewardship/water_quality/lake_winnipeg/action_plan.html

Un petit bassin de retenue construit en aval d'une aire de confinement et d'alimentation hivernale des bovins a contribué à réduire les apports de nutriments et d'*E. coli* dans le ruisseau, mais la construction du bassin nécessite un investissement élevé.

Récolte dans les bandes riveraines (pâturage / récolte mécanisée)

Les chercheurs ont comparé le ruissellement et la charge de nutriments provenant de zones riveraines gérées différemment dans les deux sous-bassins versants. Une zone riveraine était gérée selon un plan de pâturage en rotation (les bovins étaient retirés du sous-bassin à la mi-août). L'autre zone riveraine, à laquelle les bovins n'avaient pas accès, a été élargie et ensemencée en cultures fourragères qui ont été récoltées mécaniquement.

Bien que l'évaluation de cette PGB soit incomplète en raison de données insuffisantes, on a observé une tendance vers la diminution des concentrations en N et P dans le champ où le foin était récolté mécaniquement.

Bassin de retenue (pour le purin)

Un petit bassin de retenue a été construit en aval d'une aire de confinement et d'alimentation hivernale des bovins. Ce bassin devait servir à intercepter les eaux de ruissellement contenant du purin qui se seraient déversées sans traitement dans le ruisseau. Les eaux de ruissellement recueillies ont été appliquées dans un champ de fourrage voisin au moyen d'un petit système d'irrigation. La quantité et la qualité des eaux de ruissellement captées ont été suivies afin d'évaluer l'efficacité du bassin de retenue.

Le bassin de retenue a très bien servi à intercepter les eaux de ruissellement de l'aire de confinement, qui présentaient des concentrations élevées de nutriments et des numérations élevées d'*E. coli*.

Il a également contribué à prévenir le déversement de ces contaminants dans le ruisseau. Les réductions nettes des charges de nutriments étaient importantes. Toutefois, avant la construction du bassin de retenue, on avait observé une diminution naturelle des teneurs en bactéries à mesure qu'on s'éloignait du site en aval du ruisseau. Ces teneurs se stabilisaient à des niveaux comparables à ceux enregistrés immédiatement en aval du nouveau bassin de retenue.

Petits réservoirs

Deux petits réservoirs aménagés sur le ruisseau ont été suivis pour vérifier leur efficacité à réduire la concentration en nutriments et en sédiments ainsi qu'à maîtriser les crues en aval. Tout comme à l'exutoire du bassin versant de la ferme Steppler, le réservoir Steppler a également offert un point en aval pour surveiller le débit des eaux de ruissellement et les concentrations en nutriments, ainsi que pour faire le suivi de l'incidence cumulée de toutes les PGB mises en œuvre dans cette étude, à l'exception de la PGB relative au travail du sol. Dans un sous-bassin versant voisin, on a surveillé le réservoir Madill pour obtenir des données supplémentaires sur le rendement de cette pratique.

La construction de ces petits réservoirs et barrages sur le lit des ruisseaux a permis de réduire de manière significative les charges de nutriments et de sédiments, tout en atténuant considérablement le risque d'inondation en aval.

Aucun labour (conservation) / labour conventionnel

Une étude des bassins versants jumelés a été entreprise pour comparer le débit des eaux de ruissellement et les charges en nutriments provenant d'un champ soumis à un régime à long terme de travail minimum du sol et d'un champ voisin labouré de manière conventionnelle. Dans un régime de labour conventionnel typique, le sol est travaillé à l'automne et une autre fois au printemps avant le semis. Le champ

Les conclusions de l'étude qui établissait la comparaison entre la culture sans labour et la culture conventionnelle ont montré que, dans des climats froids semi-arides comme dans l'Ouest canadien, les régimes de culture sans labour pourraient accroître la perte de phosphore dissous.

non labouré a été ensemencé en direct au printemps, sans autre travail du sol.

Le semis direct permet de réduire considérablement les charges de N et de sédiments dans le ruisseau. Si les charges étaient relativement faibles au départ, la plupart d'entre elles dépassaient néanmoins les seuils recommandés pour la qualité de l'eau. Toutefois, contrairement à ce qu'on aurait pensé, les données indiquent que dans les régions à climat semi-aride froid, comme l'Ouest du Canada, la réduction du travail du sol augmente en fait la probabilité de pertes en P total, et plus particulièrement en P dissous. Toutefois, les concentrations élevées en P soluble sont peut-être dues à la stratification du phosphore à la surface du sol et au lessivage de cet élément à partir des résidus de récolte. Par conséquent, il faudra examiner plus en profondeur les pratiques culturales susceptibles de réduire les charges de P soluble. L'évaluation de cette PGB a également révélé que les profondeurs de ruissellement provenant du champ non labouré et du champ cultivé de manière conventionnelle étaient similaires.

Les résultats ont également confirmé que l'eau de fonte des neiges provenant du champ non labouré pourrait être une importante source de N et P emportés avec l'eau de surface. Il convient de noter que ces résultats sont spécifiques au paysage, à l'hydrologie et au climat du bassin versant de l'EPBH dans lequel l'étude a été menée. Ces résultats ne s'appliqueraient pas forcément aux bassins hydrographiques situés ailleurs au Canada.

Méthodes biophysiques spécifiques

Les chercheurs prévoyaient qu'il pourrait s'avérer difficile de quantifier les changements de qualité de l'eau pour certaines PGB, surtout à court terme. Afin d'évaluer correctement l'incidence des PGB, il faut bien comprendre le cycle des nutriments et les processus qui peuvent contribuer à leur présence dans les eaux de ruissellement. Diverses méthodes d'échantillonnage et d'analyse ont été utilisées pour quantifier les effets des PGB sur la qualité de l'eau et pour mieux comprendre l'effet de l'interaction du bassin versant sur le rendement des PGB. Ces méthodes, qui s'ajoutent à l'échantillonnage et à la surveillance des eaux de ruissellement, ont permis d'améliorer les résultats du projet. Les voici :

- **Échantillonnage des résidus de récolte** – Les chercheurs ont prélevé des échantillons de résidus de récolte dans plusieurs champs au début du projet afin d'évaluer l'incidence possible de ces résidus sur les eaux de ruissellement une fois qu'ils ont été soumis au processus de gel-dégel. Les résultats ont confirmé que les cycles de gel-dégel qui surviennent pendant l'hiver et le printemps dans les Prairies pourraient favoriser la libération de P soluble à partir des résidus végétaux. Ce P soluble peut rester à la surface du sol, s'infiltrer dans la colonne de sol ou être capté par l'eau de ruissellement de surface. Cela peut contribuer à augmenter fortement les concentrations en nutriments dans l'eau de ruissellement des champs soumis à des pratiques telles que le semis direct.
- **Échantillonnage du sol** – Le prélèvement d'échantillons de sol a été effectué dans plusieurs champs au commencement du projet pour suivre l'évolution des taux de fertilité du sol par suite de l'adoption des PGB. On a observé une hausse des concentrations en P dissous dans les champs non labourés.
- **Échantillonnage de la neige** – Le prélèvement d'échantillons de neige ainsi que des sondages ont été effectués dans plusieurs champs. Les résultats indiquent que moins de 10 % de la charge en nutriments des eaux de ruissellement peuvent être attribués à la neige.

Le réservoir Steppler est l'un des deux petits barrages que l'on a surveillés en vue d'en déterminer l'efficacité pour réduire les charges en aval de nutriments et de sédiments.

- **Données météorologiques–** Une quantité limitée de données météorologiques avancées (notamment les précipitations et la température de l'air prise à 5 minutes d'intervalle) a été recueillie. Cette information a aidé à mieux comprendre le cycle hydrologique et son incidence sur le déplacement des nutriments par ruissellement.

Volet économique

Des budgets agricoles et des fonctions de rendement et de coûts ont été élaborés pour le bassin versant du ruisseau Tobacco Sud afin de faire l'analyse économique des cinq PGB. L'information financière provenant de 35 exploitations agricoles (354 champs) a été extrapolée à trois fermes représentatives (200, 400 et 800 hectares).

À l'évidence, il faudra probablement recourir à des incitatifs financiers ou réglementaires pour encourager l'adoption des PGB. La transition des cultures annuelles aux cultures fourragères a permis d'augmenter le revenu net en abaissant les coûts de production. Toutefois, il ne s'agit que d'une analyse préliminaire qui n'a pas encore tenu compte du revenu tiré du bétail et des coûts apparentés, ni du coût potentiel lié à la culture de fourrages dans des terres très fertiles. Lorsque les herbages riverains ont été pâturés par des bovins plutôt que récoltés mécaniquement, le coût élevé des clôtures et la perte de terres agricoles due à la création de bandes tampons constituaient dans les deux cas un obstacle à l'adoption des PGB. En outre, la construction de bassins de retenue exige des investissements de départ, et il reste à quantifier les avantages de cette pratique en aval du ruisseau. Enfin, les avantages

liés à l'aménagement de petits barrages devraient générer assez de valeur pour assurer la viabilité économique du réseau de petits barrages construits sur le ruisseau Tobacco Sud.

Pour la pratique comparant le semis direct au labour conventionnel, des données sur les pratiques culturales dans le bassin versant remontant à 1998 ont été examinées afin de calculer un revenu net et des rendements obtenus avec ces deux pratiques. Les résultats sur le terrain étaient peu concluants, et pourtant, lorsqu'on extrapole les données à l'échelle de la ferme, on constate une hausse du revenu net tiré des céréales cultivées sans labour, et une hausse des rendements de canola selon la méthode de labour conventionnel. En moyenne, le semis direct n'a permis d'obtenir qu'une légère augmentation de la rentabilité économique par rapport au labour conventionnel. Les agriculteurs qui exploitent dans ce bassin versant préfèrent le labour conventionnel parce qu'il leur permet d'éviter d'acheter les machines nécessaires à la culture sans labour, ces gros investissements ne leur semblant pas justifiés.

Volet de modélisation

Les responsables de la modélisation du bassin hydrographique du ruisseau Tobacco Sud ont versé des données agronomiques et environnementales dans le modèle SWAT pour simuler le débit et les processus affectant les concentrations en sédiments et en nutriments. Les données des stations de surveillance situées dans le sous-bassin hydrographique Steppler ont été utilisées pour évaluer les effets des PGB. Cette étude de modélisation est une des rares dans le projet EPBH à avoir pu utiliser les données obtenues sur le terrain plutôt que des données simulées pour évaluer les PGB. Des modules ont été conçus pour chaque PGB dans le modèle SWAT ou en conjonction avec d'autres modèles.

Le modèle SWAT a simulé avec succès l'écoulement ainsi que les charges de sédiments et de nutriments à l'exutoire du bassin versant. Les résultats de l'étalonnage et de la validation du modèle démontrent que le modèle SWAT peut représenter les processus hydrologiques dans le bassin versant du ruisseau Tobacco Sud et qu'il peut reproduire le débit et la charge de polluants à la fois dans le sous-bassin et au niveau du bassin versant. Les résultats de la modélisation à la sortie du bassin hydrographique du ruisseau étaient très satisfaisants, mais les résultats des sous-bassins versants situés en amont devront être améliorés. L'évaluation des PGB semble être bonne à l'échelle du bassin versant complet, mais doit être améliorée à l'échelle du sous-bassin. Les travaux de modélisation devraient se poursuivre au cours de la prochaine phase de l'EPBH.

Le bassin versant du ruisseau Tobacco Sud était un des deux sites dans le cadre du projet de l'EPBH où on a effectué une modélisation hydrologique et économique. Les facteurs socio-économiques qui pourraient influencer les décisions d'adoption des PGB par les producteurs ont également été examinés. Ces études sont décrites plus en détail au chapitre 5.

Tableau sommaire des résultats

Les résultats de l'étude biophysique et économique et de la modélisation dans ce bassin hydrographique sont résumés dans le tableau 10.

Conclusions

Le projet de l'EPBH réalisé dans le bassin versant du ruisseau Tobacco Sud / Steppler a permis d'acquérir des connaissances utiles au sujet du rendement économique et environnemental des PGB dans ce

Tableau 10 : Résumé des résultats obtenus dans le bassin hydrographique du ruisseau Tobacco Sud (2004/5 - 2007/8)

PGB	RÉSULTATS BIOPHYSIQUES	RÉSULTATS ÉCONOMIQUES	MODÉLISATION HYDROLOGIQUE
Conversion à un couvert végétal permanent (mélange graminées/ luzerne)	• La concentration de N et P a excédé les seuils de qualité dans les eaux de ruissellement, autant dans les parcelles travaillées que dans les parcelles sous couvert végétal. • Réduction tendancielle des charges d'azote emporté par ruissellement et dissous des cultures fourragères vers le ruisseau.	• Hausse du revenu dû à la baisse des coûts de production. • Les recettes et les dépenses potentielles de la production animale n'ont pas encore été évaluées. • Des incitatifs financiers ou réglementaires sont probablement requis pour encourager la conversion de terres très fertiles aux cultures fourragères.	
Récolte dans les bandes riveraines (pâturage / récolte mécanisée)	• Réduction tendancielle de la charge de N et P dans l'eau s'écoulant de la culture fourragère récoltée mécaniquement vers le ruisseau.	• Les coûts d'immobilisations liés à la construction de la clôture sont élevés. • Perte de surface agricole à cause du terrain occupé par la bande tampon (production animale non évaluée). • Des incitatifs financiers ou réglementaires sont probablement requis pour encourager l'adoption de cette pratique.	
Bassin de retenue (pour le purin)	• Réduction notable (de 10 à 27 %) des charges de sédiments et de nutriments vers le ruisseau.	• Investissement initial en immobilisations élevé. • Il reste à évaluer les avantages directs et indirects. • Des incitatifs financiers ou réglementaires sont probablement requis pour encourager l'adoption de cette pratique.	
Petits réservoirs	• Réduction notable (10-17 %) de la charge de nutriments en aval du ruisseau. • Réduction notable (72 %) de la charge de sédiments en aval du ruisseau. • Réduction notable (de 30 à 40 %) des crues printanières et estivales en aval du réservoir.	• Investissement initial en immobilisations élevé. • Les avantages publics n'ont pas encore été évalués. • Des incitatifs financiers ou réglementaires sont probablement requis pour encourager l'adoption de cette pratique.	

Tableau 10 : Résumé des résultats obtenus dans le bassin hydrographique du ruisseau Tobacco Sud (2004/5 - 2007/8)

PGB	RÉSULTATS BIOPHYSIQUES	RÉSULTATS ÉCONOMIQUES	MODÉLISATION HYDROLOGIQUE
Conversion à un couvert végétal permanent (mélange graminées/ luzerne)	• La concentration de N et P a excédé les seuils de qualité dans les eaux de ruissellement, autant dans les parcelles travaillées que dans les parcelles sous couvert végétal. • Réduction tendancielle des charges d'azote emporté par ruissellement et dissous des cultures fourragères vers le ruisseau.	• Hausse du revenu dû à la baisse des coûts de production. • Les recettes et les dépenses potentielles de la production animale n'ont pas encore été évaluées. • Des incitatifs financiers ou réglementaires sont probablement requis pour encourager la conversion de terres très fertiles aux cultures fourragères.	• Des données agronomiques et environnementales ont été versées dans le modèle SWAT pour simuler le débit et les processus affectant les concentrations en sédiments et en nutriments et pour évaluer les effets des PGB. • Les résultats de la modélisation à la sortie du bassin hydrographique du ruisseau étaient très satisfaisants, mais les résultats des sous-bassins versants situés en amont devront être améliorés.
Récolte dans les bandes riveraines (pâturage / récolte mécanisée)	• Réduction tendancielle de la charge de N et P dans l'eau s'écoulant de la culture fourragère récoltée mécaniquement vers le ruisseau.	• Les coûts d'immobilisations liés à la construction de la clôture sont élevés. • Perte de surface agricole à cause du terrain occupé par la bande tampon (production animale non évaluée). • Des incitatifs financiers ou réglementaires sont probablement requis pour encourager l'adoption de cette pratique.	
Bassin de retenue (pour le purin)	• Réduction notable (de 10 à 27 %) des charges de sédiments et de nutriments vers le ruisseau.	• Investissement initial en immobilisations élevé. • Il reste à évaluer les avantages directs et indirects. • Des incitatifs financiers ou réglementaires sont probablement requis pour encourager l'adoption de cette pratique.	
Petits réservoirs	• Réduction notable (10-17 %) de la charge de nutriments en aval du ruisseau. • Réduction notable (72 %) de la charge de sédiments en aval du ruisseau. • Réduction notable (de 30 à 40 %) des crues printanières et estivales en aval du réservoir.	• Investissement initial en immobilisations élevé. • Les avantages publics n'ont pas encore été évalués. • Des incitatifs financiers ou réglementaires sont probablement requis pour encourager l'adoption de cette pratique.	

PGB	RÉSULTATS BIOPHYSIQUES	RÉSULTATS ÉCONOMIQUES	MODÉLISATION HYDROLOGIQUE
Aucun labour (conservation) / labour conventionnel	Sans labour : • Réduction notable des charges de sédiments (65 %) et de N (68 %) vers le ruisseau. • Augmentation notable (12 %) des concentrations en P dissous vers le ruisseau. • Aucune différence notable dans la quantité totale de ruissellement du champ.	• Investissement de départ élevé (outils adaptés au semis direct). • Le rendement économique du travail minimum du sol est limité et dépend du type de culture. • Moins les passages de travail du sol sont fréquents, plus le rendement économique augmente. • Des incitatifs financiers ou réglementaires sont probablement requis pour encourager l'adoption du semis direct.	

Le phosphore provient du milieu environnant

Dale Steppler ne prétend pas être un explorateur. Cependant, il a fait une vraie découverte.

« L'agriculture a été pointée du doigt en tant que responsable de la dissémination du phosphore dans l'environnement, affirme M. Steppler, dont l'exploitation agricole est visée par l'ensemble du projet EPBH du ruisseau Tobacco Sud (Steppler). Ce n'est cependant pas là toute l'histoire. »

Photo : B. Turner, Deerwood Soil and Water Management Association

Les producteurs Dale et Caroline Steppler

« Du phosphore dissous provenant de matières végétales en décomposition est relâché dans les terres cultivées, les fossés, les boisés et les marécages, et il s'infiltre dans l'eau de cette façon. Il provient de l'ensemble du paysage, et pas uniquement des terres agricoles. »

M. Steppler estime que, en ce qui concerne les agriculteurs, les faits que l'EPBH a permis de révéler au sujet de la source et du déplacement du phosphore constituent une formidable découverte.

« Si c'est la seule chose que nous apprendrons grâce à ce projet, le jeu en aura valu la chandelle. »

PGB	RÉSULTATS BIOPHYSIQUES	RÉSULTATS ÉCONOMIQUES	MODÉLISATION HYDROLOGIQUE
Aucun labour (conservation) / labour conventionnel	**Sans labour :** • **Réduction notable des charges de sédiments (65 %) et de N (68 %) vers le ruisseau.** • **Augmentation notable (12 %) des concentrations en P dissous vers le ruisseau.** • **Aucune différence notable dans la quantité totale de ruissellement du champ.**	• **Investissement de départ élevé (outils adaptés au semis direct).** • **Le rendement économique du travail minimum du sol est limité et dépend du type de culture.** • **Moins les passages de travail du sol sont fréquents, plus le rendement économique augmente.** • **Des incitatifs financiers ou réglementaires sont probablement requis pour encourager l'adoption du semis direct.**	

Le phosphore provient du milieu environnant

Dale Steppler ne prétend pas être un explorateur. Cependant, il a fait une vraie découverte.

« L'agriculture a été pointée du doigt en tant que responsable de la dissémination du phosphore dans l'environnement, affirme M. Steppler, dont l'exploitation agricole est visée par l'ensemble du projet EPBH du ruisseau Tobacco Sud (Steppler). Ce n'est cependant pas là toute l'histoire. »

Photo : B. Turner, Deerwood Soil and Water Management Association

Les producteurs Dale et Caroline Steppler

« Du phosphore dissous provenant de matières végétales en décomposition est relâché dans les terres cultivées, les fossés, les boisés et les marécages, et il s'infiltre dans l'eau de cette façon. Il provient de l'ensemble du paysage, et pas uniquement des terres agricoles. »

M. Steppler estime que, en ce qui concerne les agriculteurs, les faits que l'EPBH a permis de révéler au sujet de la source et du déplacement du phosphore constituent une formidable découverte.

« Si c'est la seule chose que nous apprendrons grâce à ce projet, le jeu en aura valu la chandelle. »

bassin. Bien que l'évaluation biophysique soit incomplète pour la plupart des PGB en raison du manque de données recueillies, les résultats préliminaires au sujet de plusieurs PGB indiquent une amélioration de la qualité de l'eau.

L'analyse économique menée dans le bassin hydrographique du ruisseau Tobacco Sud a révélé que toutes les PGB sauf une sont coûteuses à mettre en place et qu'il faudra probablement recourir à des incitatifs financiers ou réglementaires pour la plupart d'entre elles afin d'encourager les producteurs à les adopter.

La modélisation hydrologique a été entreprise avec succès dans le bassin et a bénéficié du fait que des données agronomiques et environnementales sont recueillies depuis longtemps sur ce site, ce qui évite de recourir à des données tirées des études publiées ou à des chiffres simulés par modélisation. Le bassin hydrographique du ruisseau Tobacco Sud était l'un des deux bassins versants de l'EPBH où les chercheurs ont réalisé un projet pilote de modélisation hydrologique et économique intégrée (voir le chapitre 5).

D'autres travaux de collecte de données et d'analyse seront nécessaires pour accroître la fiabilité des premières conclusions de tous les volets du projet.

Remerciements

Les autres personnes et organismes qui ont contribué à cette étude sont : Jane Elliott (Environnement Canada); Don Flaten, David Lobb et Kevin Tiessen (Université du Manitoba); David Green (Gestion des ressources hydriques du Manitoba); Yongbo Liu (University of Guelph); Bill Turner (Deerwood Soil and Water Conservation Association); Dale Timmerman et Cliff Hamilton (AAC); Mike Stainton (Pêches et Océans Canada); Dana Hill et Marla Riekman (Agriculture, Alimentation et Initiatives rurales du Manitoba); Pascal Badiou (Canards Illimités Canada); ainsi que les étudiants et les producteurs qui ont participé au projet.

1.4

Bassin hydrographique de la rivière Nation Sud (Ontario)

Responsable du bassin hydrographique : David Lapen (AAC)
Économiste du site : Philippe Crabbé (Université d'Ottawa)
Responsable de la modélisation hydrologique du site : David Lapen (AAC)

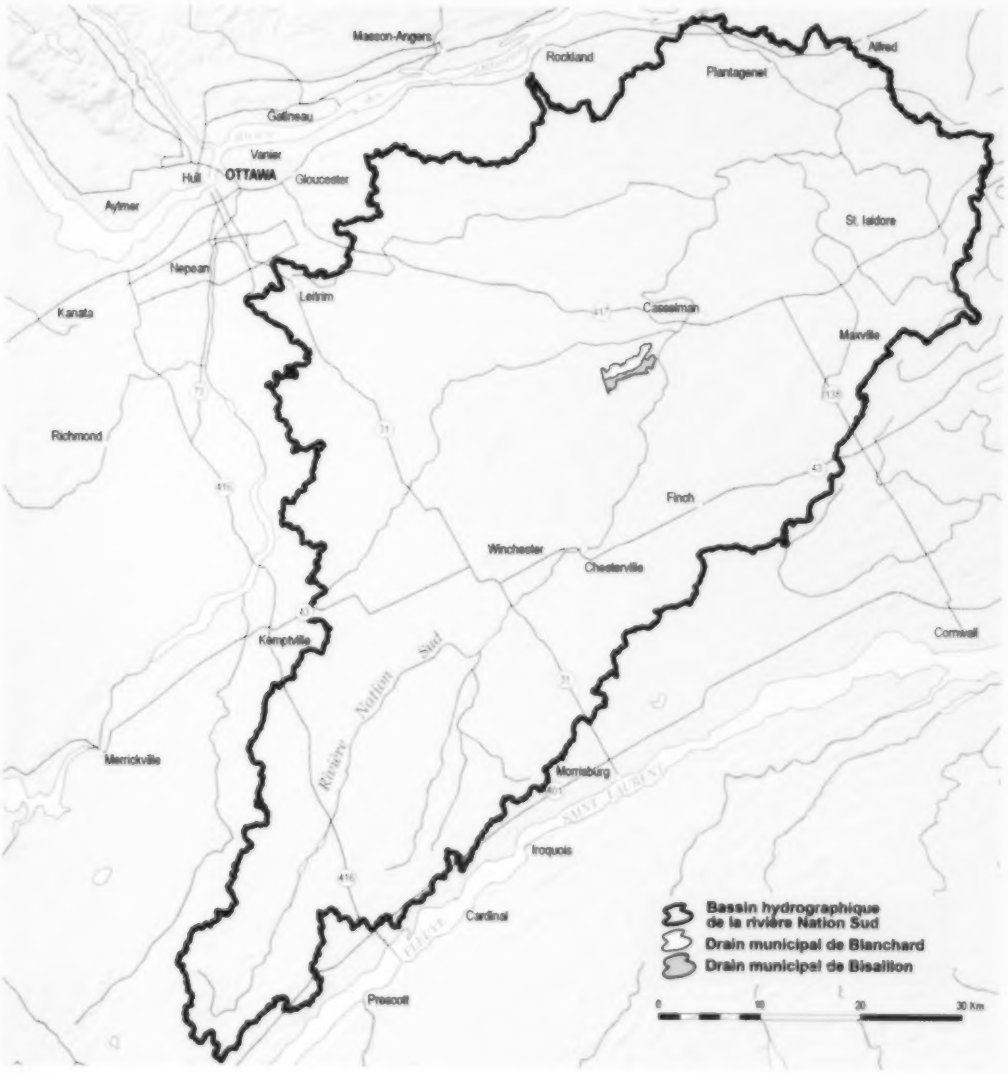


Figure 9 : Carte du bassin hydrographique de la rivière Nation Sud

Contexte et enjeux

Située dans l'Est de l'Ontario, la rivière Nation Sud draine près de 3 900 km^2 de terrain de son cours supérieur (juste au nord du fleuve Saint-Laurent, à proximité de Brockville) et s'écoule vers le nord, jusqu'à la rivière des Outaouais, près de Plantagenet. Le bassin hydrographique de la rivière Nation Sud (figure 9) est une zone agricole très fertile. L'industrie agricole, un mélange d'élevage et de cultures commerciales, occupe environ 60 % du bassin hydrographique. Elle se concentre essentiellement sur des champs plats drainés par canalisation.

L'activité agricole est en partie responsable de la contamination de la rivière Nation Sud et de ses effluents par le rejet de bactéries et d'éléments nutritifs.

Dans le bassin hydrographique de la rivière Nation Sud, deux micro-bassins versants jumelés (les 480 hectares du drain municipal Blanchard et les 230 hectares du drain municipal Bisaillon) ont été utilisés pour évaluer l'efficacité de deux PGB. Les activités agricoles qui ont cours dans ces micro-bassins versants sont représentatives du type d'agriculture qu'on retrouve généralement dans tout l'Est de l'Ontario.

Volet biophysique

Le volet biophysique de l'étude est axé sur l'évaluation des répercussions environnementales sur la qualité de l'eau des deux PGB suivantes :

- Drainage contrôlé par canalisations
- Clôture d'exclusion pour les bovins (et abreuvement à l'écart des cours d'eau)

Description des PGB et résultats

Drainage contrôlé par canalisations

La plupart des champs de l'Est de l'Ontario sont égouttés par drainage souterrain, soit un réseau de tuyaux perforés installés dans le sous-sol pour collecter l'eau souterraine et empêcher que le sol s'engorge d'eau, car cette condition nuit à la croissance des cultures. Les systèmes de drainage souterrain comportent des ouvrages qui permettent de fermer les tuyaux de sortie et de maintenir la nappe phréatique et les nutriments qu'elle contient dans le champ, et ce, tant pour alimenter les cultures que pour empêcher le déversement de nutriments en quantité excessive dans les cours d'eau adjacents.

Au début du printemps, les ouvrages de contrôle sur lesquels débouchent les drains sont maintenus ouverts pour permettre le libre écoulement de l'eau et l'aération du sol jusqu'à ce que les travaux des champs soient terminés (à savoir, le semis) ou jusqu'à ce que les cultures soient bien établies. Les ouvrages de contrôle présents dans le bassin à l'essai sont ensuite fermés pour limiter le drainage. Les chercheurs étudient principalement les effets du drainage contrôlé en évaluant les bilans d'azote, le comportement des cultures et l'hydrologie du sol et des eaux souterraines. Ils mesurent l'incidence de cette pratique sur la qualité de l'eau de surface à la fois à la lisière du champ (sortie de tuyau) ainsi que le long du ruisseau, y compris à l'exutoire du micro-bassin versant. Le drain Blanchard a été utilisé pour évaluer la PGB, tandis que le drain Bisaillon a servi de témoin.

Les effets du drainage contrôlé par canalisations ont été suivis dans huit champs différents. On a observé que cette pratique permettait de réduire considérablement les pertes d'ammonium,

de nitrates et de P à la sortie des tuyaux de drainage pendant la saison de croissance. Dans des champs de maïs à drainage contrôlé, les charges d'ammonium, de nitrates, et de P total ont diminué de 50, 62 et 66 % en moyenne par rapport à des champs à drainage souterrain normal soumis à un régime cultural comparable (de 2005 à 2007). L'absorption d'azote par le maïs avec drainage contrôlé a augmenté sensiblement par rapport au drainage non contrôlé. En outre, pendant l'ensemble de la saison de croissance, les pertes de nitrates et d'ammonium provenant des champs à drainage contrôlé ne représentaient que 10 % environ des pertes observées dans les champs sans drainage contrôlé. Il faudra accumuler des données pendant plusieurs années encore pour évaluer l'incidence du drainage contrôlé sur la qualité de l'eau dans le micro-bassin versant.

Clôture d'exclusion pour les bovins (et abreuvement à l'écart des cours d'eau)

Dans le bassin versant Blanchard, on a clôturé un pâturage de manière à le diviser en deux parties, une « haute » et une « basse » (en amont et en aval). Dans la partie haute, on a interdit l'accès des bovins au ruisseau au moyen d'une clôture, alors que dans la partie basse, les bovins avaient libre accès au ruisseau. La clôture a été installée de manière à créer une bande tampon d'au moins 3 mètres de largeur entre le ruisseau et le pâturage. La densité des bovins dans les deux traitements était de 2,5 têtes par hectare (soit une densité normale pour la région). À chaque site, les mesures comprenaient le débit d'entrée et la qualité de l'eau à la sortie et d'autres indicateurs sur la microbiologie et les nutriments. D'autres méthodes ont été utilisées pour vérifier les sources de pollution fécale.

La plupart du temps, l'exclusion des bovins a permis de réduire considérablement les charges dans la rivière et les concentrations en N, P et en micro-organismes (sauf les *coliformes fécaux*) dans la partie traitée comparativement au pâturage en aval, dans lequel les bovins avaient libre accès à la rivière. Toutefois, les résultats n'étaient pas uniformes et variaient en fonction du débit de la rivière. En plus de réduire les charges dans le cours d'eau, cette pratique a permis d'améliorer l'état de la végétation de la zone riveraine ainsi que l'habitat faunique environnant et la morphologie de la rivière. La poursuite des recherches permettra d'accroître la fiabilité des résultats.

Autres études biophysiques

Étant donné que les chercheurs s'attendaient à avoir de la difficulté à déceler des changements dans la qualité de l'eau, notamment à court terme, ils ont eu recours à plusieurs méthodes d'étude. Ces méthodes ont permis de quantifier les effets des PGB sur la qualité de l'eau et sur d'autres paramètres biophysiques, et ont permis d'approfondir les connaissances sur l'effet de l'interaction du bassin versant sur le rendement des PGB. Ces méthodes étaient les suivantes :

- **Gaz à effet de serre** – La mesure des émissions de gaz à effet de serre a révélé que, la plupart du temps, il n'y avait pas de différence significative dans les émissions de protoxyde d'azote entre les champs avec drainage contrôlé et les champs avec drainage souterrain ordinaire.
- **Télédétection** – La télédétection par satellite et de l'information sur les rendements des cultures ont essentiellement révélé une hausse statistique et une plus grande uniformité spatiale des indices de végétation. Cette hausse des indices a été relevée dans les champs de maïs et de soja sous drainage contrôlé comparativement aux mêmes cultures dans des champs drainés de manière conventionnelle. On a aussi noté une faible hausse des rendements dans le bassin versant.

De manière générale, on a constaté que les clôtures d'exclusion des bovins réduisaient les charges de N, P et de micro-organismes par comparaison avec les pâturages où les bovins se déplaçaient sans restriction.

- **Signatures isotopiques d'azote** – Les chercheurs ont examiné les signatures isotopiques afin d'évaluer le recyclage de l'azote dans les champs avec et sans drainage contrôlé. Ils ont découvert que l'azote séjournait plus longtemps dans les eaux souterraines des champs avec drainage contrôlé, ce qui indique que la PGB a permis de freiner le transfert des nitrates vers les eaux de surface.
- **Programme NMAN (Nutrient Management Program)** – Le programme NMAN est un outil d'aide à la prise de décisions qui permet de prédire la production de nutriments et de déterminer les besoins des terres en nutriments à des fins agronomiques. Un « indice de phosphore » permet de déterminer les distances minimales à respecter par rapport aux cours d'eau, et un « indice d'azote » permet de connaître les facteurs de risque de transfert de l'azote dans les eaux souterraines. Les chercheurs ont trouvé cet outil utile pour déterminer les endroits où il était le plus nécessaire de réduire l'application de nutriments dans le bassin versant.
- **Dépistage des sources de pollution microbienne** – Le dépistage des sources de pollution microbienne a permis de déterminer que le bétail était la principale source d'*E. coli* dans les eaux de surface du bassin versant, tandis que les parasites provenaient souvent des animaux sauvages. En moyenne, les plus hautes charges en nutriments et en bactéries provenaient d'en amont des deux traitements de pâturage, ce qui laisse supposer que la charge fécale due à l'épandage de fumier en amont pourrait être plus élevée que celles induites par la faible densité de pâturage.

Les hausses de rendement imputables au drainage contrôlé par canalisation ont été plus que suffisantes pour couvrir les coûts de l'installation et les frais d'exploitation des structures de contrôle. Étant donné que cette PGB présente à la fois des avantages économiques et environnementaux, il faudrait très peu de mesures incitatives pour encourager les propriétaires fonciers à l'adopter.

Volet économique

Pour l'analyse économique de l'étude menée à la rivière Nation Sud, les chercheurs ont utilisé les budgets des fermes et les budgets établis à l'échelon provincial pour évaluer la situation financière des agriculteurs de la zone d'étude avant l'adoption des PGB et les coûts à la ferme de l'adoption de ces PGB. Ces outils ont permis de savoir si l'exploitation agricole pouvait supporter les coûts de mise en œuvre des PGB. Une enquête auprès des propriétaires fonciers locaux a été menée pour recueillir de l'information financière sur les fermes.

L'analyse économique de l'étude menée à la rivière Nation Sud était un des rares projets de l'EPBH à révéler des résultats positifs par suite de l'adoption d'une PGB. Les rendements ont augmenté modestement au cours de la brève durée de l'étude (de 2005 à 2008), soit de 6 % pour le maïs et de 4 % pour le soja, en moyenne. La plupart des années, les hausses de production attribuables au drainage contrôlé par canalisation suffisaient amplement pour couvrir les frais d'installation et d'entretien des structures de contrôle, ce qui permet de penser que ces coûts seront entièrement recouvrés en trois ou quatre ans.

En revanche, les clôtures d'exclusion des bovins étaient coûteuses à installer et à entretenir (de 9 $ à 25 $/mètre, selon le type de clôture). Les exploitations polyvalentes de la région n'ont pas une grande rentabilité financière, et s'il est fort probable que les fermes laitières sont plus rentables, leurs propriétaires ne voient pas souvent le besoin d'exclure le bétail des zones riveraines. Aussi des mesures d'incitation financières ou réglementaires seraient-elles probablement nécessaires pour encourager l'adoption de cette PGB.

Volet de modélisation

Les chercheurs ont effectué une modélisation hydrologique dans le bassin hydrographique de la rivière Nation Sud en utilisant des modèles unidimensionnels (1-D) de débit sol-eau. Ces modèles définissent les processus de débit dans les canalisations et l'incidence de la gestion du système de drainage contrôlé sur ces processus, en plus de formuler des projections sur les charges de pesticides dans les tuyaux de drainage. Cette approche a été adoptée en raison du pourcentage élevé de terres drainées dans la région, et de la tendance des eaux de drainage à se déplacer verticalement dans le sol plutôt que par ruissellement à la surface des champs. Les chercheurs ont utilisé la capacité des modèles 1-D à prédire l'incidence du drainage contrôlé dans une variété de conditions météorologiques, de sols et de scénarios de gestion des cultures.

Les données d'entrée comprennent de l'information sur la météorologie, la gestion des terres et les propriétés physiques du sol. Des modifications ont également été apportées pour intégrer la PGB du drainage contrôlé par canalisations et pour tenir compte de l'évolution des pesticides pendant les périodes de débit élevé.

Des essais ont été menés en Suède, où le modèle a été mis au point, en appliquant un des modèles modifiés à un ensemble de données expérimentales développées dans ce pays. Des scénarios modélisés ont été exécutés sur le drainage conventionnel, sur le drainage contrôlé par canalisations durant toute l'année et sur le drainage contrôlé par canalisations au cours de la saison de croissance uniquement. Le même modèle a été appliqué à l'Ontario en reprenant les données obtenues en Suède.

Des simulations produites avec le modèle ont démontré l'incidence du drainage contrôlé par canalisations sur des eaux collectées et des concentrations de pesticides. L'un des résultats notables a été la chute rapide du débit d'eau collectée après une pluie. Cette information a permis de mieux comprendre le rendement de cette PGB. Il est prévu de mettre au point d'autres modèles au cours de la prochaine phase de l'EPBH.

La modélisation n'a pas été appliquée à la PGB consistant à exclure les bovins au moyen de clôtures.

Tableau sommaire des résultats

Les résultats de l'étude biophysique et économique et de la modélisation dans ce bassin hydrographique sont résumés dans le tableau 11.

L'eau collectée par le réseau de drainage souterrain sur lequel repose la majeure partie du projet EPBH du bassin hydrographique de la rivière Nation Sud se déverse dans une série de fossés et de voies d'eau municipales.

Tableau 11 : Résumé des résultats obtenus dans le bassin hydrographique de la rivière Nation Sud (2004/5 - 2007/8)

PGB	RÉSULTATS BIOPHYSIQUES	RÉSULTATS ÉCONOMIQUES	MODÉLISATION HYDROLOGIQUE
Drainage contrôlé par canalisations	• Amélioration tendancielle de la qualité de l'eau de surface entre le sous-bassin témoin et le sous-bassin traité. • Réductions notables des charges d'ammonium, de nitrates et de P dans le ruisseau.	• Pratique rentable en raison de la hausse des rendements de maïs et de soja. • Les structures de contrôle pourraient s'amortir en trois ou quatre ans.	• Un modèle 1-D de débit sol-eau a servi à définir les processus d'écoulement dans les canalisations et leur incidence sur des éléments comme la concentration en pesticides. • Le modèle a été évalué en fonction de plusieurs scénarios tenant compte de la météorologie, du sol et des pratiques culturales. • Le modèle modifié a permis de mieux comprendre le rendement de cette PGB. • La modélisation n'a pas été appliquée à la PGB consistant à exclure les bovins au moyen de clôtures.
Clôture d'exclusion pour les bovins (et abreuvement à l'écart des cours d'eau)	• On a observé d'importantes réductions dans les charges de nutriments et de bactéries dans le tronçon de ruisseau non accessible aux bovins, comparativement au pâturage en aval, où les bovins avaient libre accès au cours d'eau. • Amélioration de la végétation, de l'habitat faunique et de la morphologie du ruisseau dans la zone riveraine.	• La clôture grillagée est très coûteuse. • Les coûts d'installation et d'entretien du système d'abreuvement sont peu élevés. • Les avantages à court terme pour le propriétaire semblent être limités. • Les exploitations polyvalentes de la région n'ont pas une grande rentabilité financière, et les producteurs laitiers ne voient pas la nécessité d'exclure le bétail des zones riveraines. • Des incitatifs financiers ou réglementaires sont probablement requis pour encourager l'adoption de cette pratique.	

Conclusions

Le drainage contrôlé par canalisations présente des avantages tant économiques qu'environnementaux. Ces avantages comptent beaucoup dans une région où le drainage souterrain est pratique courante. Par conséquent, il ne faudrait que très peu d'incitatifs (peut-être uniquement sous forme de transfert de technologie) pour encourager les propriétaires locaux à adopter cette pratique. Pour ce qui est de la valeur des recherches menées dans le cadre de l'EPBH, l'association Conservation de la Nation Sud a récemment admis le drainage contrôlé par canalisations parmi les PGB admissibles au partage des coûts dans le cadre de son programme de préservation de l'eau claire. De son côté, le gouvernement de l'Ontario a ajouté cette pratique à sa liste de PGB approuvées, ce qui confirme une fois de plus la pertinence

Tableau 11 : Résumé des résultats obtenus dans le bassin hydrographique de la rivière Nation Sud (2004/5 - 2007/8)

PGB	RÉSULTATS BIOPHYSIQUES	RÉSULTATS ÉCONOMIQUES	MODÉLISATION HYDROLOGIQUE
Drainage contrôlé par canalisations	• Amélioration tendancielle de la qualité de l'eau de surface entre le sous-bassin témoin et le sous-bassin traité. • Réductions notables des charges d'ammonium, de nitrates et de P dans le ruisseau.	• Pratique rentable en raison de la hausse des rendements de maïs et de soja. • Les structures de contrôle pourraient s'amortir en trois ou quatre ans.	
Clôture d'exclusion pour les bovins (et abreuvement à l'écart des cours d'eau)	• On a observé d'importantes réductions dans les charges de nutriments et de bactéries dans le tronçon de ruisseau non accessible aux bovins, comparativement au pâturage en aval, où les bovins avaient libre accès au cours d'eau. • Amélioration de la végétation, de l'habitat faunique et de la morphologie du ruisseau dans la zone riveraine.	• La clôture grillagée est très coûteuse. • Les coûts d'installation et d'entretien du système d'abreuvement sont peu élevés. • Les avantages à court terme pour le propriétaire semblent être limités. • Les exploitations polyvalentes de la région n'ont pas une grande rentabilité financière, et les producteurs laitiers ne voient pas la nécessité d'exclure le bétail des zones riveraines. • Des incitatifs financiers ou réglementaires sont probablement requis pour encourager l'adoption de cette pratique.	

Conclusions

Le drainage contrôlé par canalisations présente des avantages tant économiques qu'environnementaux. Ces avantages comptent beaucoup dans une région où le drainage souterrain est pratique courante. Par conséquent, il ne faudrait que très peu d'incitatifs (peut-être uniquement sous forme de transfert de technologie) pour encourager les propriétaires locaux à adopter cette pratique. Pour ce qui est de la valeur des recherches menées dans le cadre de l'EPBH, l'association Conservation de la Nation Sud a récemment admis le drainage contrôlé par canalisations parmi les PGB admissibles au partage des coûts dans le cadre de son programme de préservation de l'eau claire. De son côté, le gouvernement de l'Ontario a ajouté cette pratique à sa liste de PGB approuvées, ce qui confirme une fois de plus la pertinence

et la valeur des résultats scientifiques de ce genre.

La PGB d'exclusion des bovins a généralement permis d'obtenir une réduction importante des charges de nutriments et de bactéries en amont de la rivière, dans la partie traitée de l'étude. Elle a également permis d'améliorer l'habitat riverain. Toutefois, cette PGB est coûteuse à mettre en œuvre et nécessiterait peut-être des incitatifs financiers ou réglementaires. Les recherches se poursuivront au sujet de l'incidence de cette pratique sur la qualité de l'eau et sur d'autres paramètres environnementaux.

La modélisation hydrologique du drainage contrôlé par canalisations a été amorcée dans ce bassin versant et se poursuivra dans la prochaine phase de l'EPBH.

D'autres travaux de collecte de données et d'analyse seront nécessaires pour accroître la fiabilité des premières conclusions de tous les volets du projet.

Remerciements

Les autres personnes et organismes qui ont contribué à cette étude sont : Mark Sunohara (Conservation de la Nation Sud), Ed Topp et Harvey Clark (AAC) et Marie-Pier Martin (Université d'Ottawa), les autres membres du comité directeur de l'EPBH du bassin versant de la rivière Nation Sud, et les étudiants et producteurs qui ont participé au projet.

Mark Sunohara, de la Conservation de la Nation Sud, utilise un humidimètre de sol.

Tout le monde est gagnant

Ménager l'environnement et ménager le portefeuille. C'est ce que les travaux de recherche réalisés dans le cadre du projet EPBH de la rivière Nation Sud ont prouvé grâce à l'utilisation du drainage contrôlé par canalisations.

« Les avantages de la gestion du drainage souterrain sont immédiats sur le plan agronomique, explique Mark Sunohara, directeur du projet de la rivière Nation Sud. Le contrôle de la nappe phréatique a permis de réduire l'apport de nutriments dans les eaux de surface, tout en augmentant le rendement des cultures de maïs et de soja. »

« Les ouvrages de contrôle du niveau de l'eau sont faciles à installer et relativement peu coûteux, ajoute-t-il. Ainsi, bien que modestes, les hausses de rendement qui sont survenues sur une période de quelques courtes années ont permis d'amortir les frais de modernisation des réseaux de drainage. »

Lorsque des solutions environnementales contribuent à la rentabilité de la ferme, tout le monde est gagnant. En fin d'analyse, c'est un objectif qui vaut la peine d'être poursuivi.

1.5

Bassins hydrographiques de la rivière Bras d'Henri et du ruisseau Fourchette (Québec)

Responsable du bassin hydrographique : Eric van Bochove (AAC)
Responsable du bassin hydrographique du ruisseau Fourchette : Aubert Michaud (IRDA)
Économistes du site : Paul Thomassin (Université McGill) et Bruno Larue (Université Laval)
Responsable de la modélisation hydrologique et de la modélisation intégrée : Alain N. Rousseau (INRS)

Figure 10 : Carte des bassins hydrographiques de la rivière Bras d'Henri et du ruisseau Fourchette

Contexte et enjeux

Cette étude comporte deux ensembles de micro-bassins jumelés (d'environ 300 hectares chacun) : une paire dans le bassin de la rivière Bras d'Henri et une paire dans le bassin versant du ruisseau Fourchette (figure 10). Dans chaque ensemble, l'étude est réalisée dans un micro-bassin où les PGB ont été mises en œuvre, et dans un autre micro-bassin témoin, où aucune PGB n'a été mise en œuvre.

La rivière Bras d'Henri, qui draine une superficie de 167 km^2, prend sa source dans les contreforts des Appalaches et se fraye un chenal à travers les basses terres fertiles du Saint-Laurent, dans le sous-bassin de la rivière Beaurivage, qui alimente la rivière Chaudière. C'est dans ce sous-bassin hydrographique, dont les deux tiers de la superficie sont cultivés, qu'on rencontre l'une des plus hautes densités d'élevages au Québec.

L'affluent Fourchette fait partie du bassin versant Le Bras (zone de drainage de 222 km^2), un tributaire de la rivière Etchemin. L'eau coulant dans le bassin de la rivière Etchemin est une des pires en fait de qualité au Québec à cause de sa concentration en phosphore.

Les bassins versants de la rivière Bras d'Henri et du ruisseau Fourchette sont une bonne source de données sur la qualité de l'eau, de l'état du sol et des pratiques de gestion des terres. Le choix du micro-bassin d'intervention et du micro-bassin témoin dans le bassin de la rivière Bras d'Henri reposait sur une comparaison de paramètres hydrologiques et géophysiques, y compris la topographie, l'utilisation des sols et la pédologie.

L'étude des bassins versants jumeaux du ruisseau Fourchette, qui était administrée par l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA), est en cours depuis 2001. Comme il s'agissait d'une étude déjà en cours et que son mandat était très similaire à celui du projet d'EPBH de la rivière Bras d'Henri, les deux études ont été couplées dans le cadre de l'EPBH. AAC gère l'initiative concernant la rivière Bras d'Henri, tandis que l'IRDA poursuit la gestion du projet portant sur le ruisseau Fourchette.

Volet biophysique

Le volet biophysique de l'étude est axé sur l'évaluation des répercussions sur la qualité de l'eau des quatre PGB suivantes :

- Contrôle du ruissellement des eaux de surface
- Rotation des cultures
- Gestion du lisier de porc
- Utilisation réduite d'herbicides

Description des PGB et résultats

Contrôle du ruissellement des eaux de surface

Un certain nombre de mesures de lutte contre l'érosion et le ruissellement de surface ont été mises en œuvre pour réduire le déplacement des sédiments et des contaminants provenant des terres agricoles dans les fossés et les ruisseaux. Ces mesures comprennent la création de bandes tampons riveraines, la réduction de la pente aux abords des fossés et des ruisseaux, la stabilisation des sorties de drains souterrains et l'implantation de voies d'eau gazonnées et de puits d'infiltration.

Cet ensemble de PGB s'est avéré efficace pour améliorer la qualité globale de l'eau dans le bassin versant du ruisseau Fourchette. Toutefois, étant donné que les PGB ont été mises en œuvre plus récemment dans le bassin de la rivière Bras d'Henri, une évaluation à long terme sera nécessaire pour déterminer leur incidence sur la qualité de l'eau.

Le bassin hydrographique de la rivière Bras d'Henri est situé dans l'une des régions les plus densément exploitées sur le plan agricole du Québec.

Rotation des cultures

À long terme, la culture du maïs année après année peut avoir une incidence néfaste sur la qualité de l'eau, en raison de l'érosion et du compactage du sol. L'insertion de cultures pérennes dans la rotation des cultures permet de réduire au minimum l'effet de la charge en nutriments à l'échelon de la ferme. Toutefois, il s'est avéré difficile d'évaluer l'impact de la rotation des cultures à l'échelle des petits bassins versants, pour la simple raison que les producteurs de la région élaborent leurs plans de rotation des cultures en fonction de l'assolement complet de leur ferme, dont les limites s'étendent souvent au-delà du bassin versant à l'étude.

Gestion du lisier de porc

Dans les élevages porcins confinés, les pertes d'azote du lisier dans l'atmosphère et dans les eaux de ruissellement peuvent atteindre des niveaux excessifs. Afin de réduire ces pertes, on a épandu du lisier de porc sur des cultures fourragères et du maïs avec un épandeur équipé de tuyaux traînants, puis on l'a enfoui peu après au moyen d'un travail du sol peu profond. Du lisier a également été épandu sur des cultures au stade post-émergence, afin d'optimiser l'absorption de N et P et de réduire davantage le risque de pollution aquatique et atmosphérique.

On a observé que cette PGB permettait de réduire systématiquement la présence de N et de coliformes fécaux dans le ruisseau. Cette PGB a également permis de réduire les pertes en N et P emportés par les eaux de ruissellement de surface certaines années. Par contre, cette pratique a contribué à augmenter la quantité résiduelle de P dans le sol. Les résultats mitigés obtenus avec cette pratique indiquent qu'il faudrait s'attaquer davantage à la réduction des nutriments à la source, en utilisant des techniques telles qu'une alimentation de précision et la gestion des réservoirs de

lisier, afin de séparer les différentes phases de nutriments.

Bien qu'on n'ait pas quantifié la réduction des odeurs, l'utilisation de tuyaux traînants a eu pour effet secondaire d'améliorer ce paramètre. Il reste maintenant à adapter cette PGB à un large éventail de types de sol et de conditions topographiques.

Utilisation réduite d'herbicides

La réduction de l'utilisation des herbicides visait les cultures de maïs et de soja. Dans ces cultures en rangs très espacés, les mauvaises herbes font l'objet d'une lutte intensive dans laquelle l'utilisation d'herbicides occupe une grande place. Plusieurs approches ont été étudiées. La première approche a consisté à tester le système élaboré par AAC pour faciliter la prise de décisions au sujet de la réduction du recours aux herbicides. Les autres approches comprenaient le calibrage des pulvérisateurs, les moyens de lutte mécanique ou chimique contre les mauvaises herbes et la réduction des doses herbicides appliquées sur certains champs. En outre, des relevés de mauvaises herbes conjugués à un nouvel outil en ligne (mis au point par le gouvernement provincial) ont permis de mettre au point un ensemble de recommandations sur l'application d'herbicides destinées à réduire l'incidence environnementale de cette pratique.

Après deux ans d'essais, il est devenu évident que le système d'aide à la prise de décisions mis au point par AAC ne convenait pas à la zone d'étude en raison de la forte concurrence exercée par les mauvaises herbes dans les cultures. Par conséquent, cette approche a été abandonnée pour cette étude. D'autres techniques, comme le calibrage des pulvérisateurs, la réduction des doses d'herbicides et l'utilisation d'herbicides moins toxiques ont été mises en œuvre en 2007, mais il faudra plus de temps pour mesurer leurs effets. Comme le désherbage mécanique implique des changements majeurs dans les pratiques culturales, cette PGB ne pouvait pas non plus être mise en œuvre dans un délai aussi court. Les producteurs participants envisagent d'intégrer cette option à l'avenir.

Autres études biophysiques

Étant donné que les chercheurs s'attendaient à avoir plus de difficulté à déceler des changements dans la qualité de l'eau avec certaines PGB, notamment à court terme, ils ont eu recours à plusieurs méthodes d'étude. Ces méthodes ont permis de quantifier les effets des PGB sur la qualité de l'eau et sur d'autres paramètres biophysiques, et ont permis d'approfondir les connaissances concernant l'effet de l'interaction du bassin versant sur le rendement des PGB. Ces méthodes étaient les suivantes :

- **Caractérisation des sols du site** – Quatre levés pédologiques (échelles de 1:50 000e à 1:63 360e) ont été utilisés pour identifier les bassins versants jumelés de l'EPBH du bassin versant de la rivière Bras d'Henri et pour faciliter l'identification et la mise en œuvre des PGB appropriées. Toutefois, lorsque les chercheurs ont utilisé des levés pédologiques plus détaillés (échelle de 1:20 000e) après la mise en œuvre des PGB, ils ont noté des différences beaucoup plus importantes dans les caractéristiques des sols et le potentiel agronomique des micro-bassins versants, comparativement aux différences observées initialement. Cette nouvelle information explique mieux comment les conditions de sol du site et leur incidence sur le déplacement des nutriments dans le cours d'eau peuvent influencer l'efficacité de la mise en œuvre et du rendement des PGB.
- **Caractérisation des effets de la fonte des neiges** – Les chercheurs ont également étudié les deux bassins versants pour déterminer comment la couverture de neige interagit avec les

sols gelés et les zones vulnérables à l'érosion du sol pendant la fonte des neiges. Les résultats ont montré que la répartition dans le temps des déplacements de nutriments et de sédiments dépendait des conditions météorologiques saisonnières et de l'hydrologie, et que la fonte des neiges était un important facteur de la concentration en nutriments. Les PGB ciblent principalement les pertes de nutriments durant la saison de croissance, mais les ensembles de PGB devraient être structurés de manière à agir pendant les périodes de l'année les plus sensibles sur le plan hydrologique (ruissellement dû à la fonte des neiges).

- **Initiative nationale d'élaboration de normes agroenvironnementales (INENA)** – Cette initiative conjointe d'Environnement Canada et d'AAC a permis de mettre au point des normes de qualité pour les eaux de surface des bassins versants agricoles. Dans le cadre de l'INENA, des stations de surveillance de la qualité de l'eau ont été installées dans le bassin versant Bras d'Henri pour établir des normes au sujet des agents pathogènes et des pesticides transportés par l'eau.
- **Programme national d'analyse et de rapport en matière de santé agro-environnementale (PNARSA)** – Le but du PNARSA est de mettre au point un ensemble d'indicateurs nationaux relatifs à l'agriculture durable. Au site EPBH du bassin Bras d'Henri, des échantillons d'eau ont été prélevés deux fois par semaine ainsi que pendant les périodes de fortes précipitations afin de définir les conditions de base des agents pathogènes et des autres variables caractéristiques des bassins versants agricoles. Les données recueillies ont permis d'évaluer les indicateurs potentiels d'agents pathogènes microbiens.

Volet économique

Les deux analyses économiques menées dans le bassin versant de la rivière Bras d'Henri aideront les responsables de l'élaboration de politiques à cerner les incitatifs qui permettront éventuellement d'encourager les producteurs à adopter les PGB.

Dans une étude réalisée par l'équipe de l'Université Laval, les chercheurs ont eu recours à une analyse économétrique pour examiner les caractéristiques des fermes qui pourraient influencer les agriculteurs à adopter certaines PGB. Ils ont constaté que les grandes exploitations étaient plus susceptibles d'adopter des PGB. Par conséquent, s'il existe une corrélation entre les incidences des pratiques sur la qualité de l'eau et la grandeur des exploitations, il est possible que la qualité de l'eau s'améliore considérablement même si le nombre d'agriculteurs adoptant la PGB est faible. Une ventilation démographique indique que les producteurs âgés sont plus susceptibles de mettre en place des bandes tampons et de modifier la rotation de leurs cultures ou la gestion du fumier solide. Les femmes, les producteurs instruits et ceux qui résident sur la ferme sont plus susceptibles d'adopter des pratiques de gestion du fumier solide et liquide. Enfin, les membres de cercles de protection de l'environnement étaient également plus susceptibles d'adopter des méthodes de réduction de l'application d'herbicides et de gestion du fumier solide.

Au chapitre de la production agricole, l'équipe de l'Université Laval a utilisé une approche de fonction de coût pour examiner la relation entre les « bonnes » productions (à savoir, les cultures et élevage) et les « mauvais » résultats (par exemple, la dégradation de la qualité de l'eau). L'utilisation de données sur les eaux de ruissellement agrochimiques, simulées au moyen du modèle GIBSI pour représenter les mauvais résultats, a montré que la réduction de ces eaux de ruissellement

La PGB relative à la gestion du lisier de porc utilise des épandeurs équipés de tuyaux traînants afin de réduire les pertes de N dans l'atmosphère.

est une pratique coûteuse. Les grandes fermes spécialisées dans les cultures ont tendance à consacrer moins de dépenses à la réduction de la pollution, et on observe la tendance inverse dans les grandes fermes d'élevage.

L'équipe de l'Université McGill a travaillé tant à l'échelon de la ferme qu'à l'échelle des bassins versants, en appliquant un modèle d'optimisation économique « inter-régional » élaboré à partir de coefficients de charge environnementale estimés par le modèle GIBSI. Ce modèle a été appliqué à 65 exploitations agricoles dans le bassin versant de la rivière Bras d'Henri afin d'estimer les volumes de polluants provenant des fermes et du bassin versant, la réduction maximale possible de la pollution et les coûts associés à l'échelle de la ferme et à celle du bassin versant. Ce modèle tient pour acquis que les producteurs adopteront la combinaison de PGB la moins coûteuse afin de réduire la pollution.

Le modèle de l'Université McGill indique qu'il est économiquement plus efficace de réduire la pollution à l'échelle du bassin versant qu'à l'échelle de la ferme, et laisse penser que l'indemnisation des coûts serait peut-être plus rentable si elle s'appliquait au bassin versant dans son ensemble. Les producteurs pourraient alors se répartir l'indemnisation entre eux.

Au chapitre des coûts, le modèle de l'Université McGill indique que la bactérie *E. coli* est le polluant le plus coûteux à éliminer, suivie des sédiments, de l'azote, du phosphore et des pesticides, et que le coût de réduction des fortes concentrations de polluants augmentait proportionnellement au taux de réduction de ces polluants. Si les publications scientifiques indiquent que la stabilisation des sols et l'amélioration du contrôle des eaux de surface permettent d'accroître les rendements des cultures, ces hausses potentielles de rendements n'ont pas encore été modélisées. En outre, il faudra

Des études menées à l'Université McGill dans le cadre de l'EPBH ont montré qu'il est plus rentable de réduire la pollution à l'échelle d'un bassin hydrographique qu'à celle d'une exploitation agricole individuelle.

plus de temps pour mettre en place la PGB de gestion du lisier de porc et d'épandage du fumier, mais on prévoit d'ores et déjà que cette pratique permettra de réduire le recours aux engrais de synthèse. Des incitatifs financiers ou réglementaires devront probablement être offerts pour encourager l'adoption de toutes les PGB examinées dans cette étude.

Volet de modélisation

Les bassins versants des rivières Bras d'Henri et Beaurivage font partie du bassin de la rivière Chaudière, qui a fait l'objet de nombreux projets de modélisation au cours des 15 dernières années. La modélisation hydrologique a été menée en utilisant l'ensemble de modélisation GIBSI. Cet ensemble comprend un SIG, un modèle hydrologique et des modèles distincts pour le déplacement par voie terrestre et dans l'eau des sédiments, des nutriments, des pesticides et des agents pathogènes (coliformes fécaux).

Le modèle GIBSI a été calibré à partir des séries de données disponibles pour la région. Ces données portaient sur le débit et la qualité de l'eau et comprenaient des valeurs tirées d'articles publiés ou calculées au moyen d'équations de régression produisant des chiffres sur le rendement de la PGB des bandes tampons. Les résultats préliminaires sont basés sur des estimations de modélisation, car le modèle GIBSI n'est toujours pas étalonné en fonction des données de terrain relatives à l'effet réel de la PGB au niveau du micro-bassin hydrographique. Une fois que les données de terrain seront disponibles, le modèle GIBSI pourra être réétalonné, et des scénarios de PGB pourront être formulés de nouveau à partir de résultats plus fiables.

Les responsables de la modélisation avaient plus confiance dans leurs prévisions pour le plus grand bassin versant de la rivière Beaurivage que pour le bassin Bras d'Henri. Dans tous les cas, il était plus difficile d'étalonner le modèle pour les sédiments et la qualité de l'eau que pour l'hydrologie (p. ex. les débits). Bien que les résultats soient meilleurs pour le bassin versant de la rivière Beaurivage, les chercheurs ont considéré que les concentrations simulées étaient suffisamment bonnes pour permettre l'élaboration de différents scénarios de PGB. Le modèle prévoit que les réductions des concentrations obtenues dans le champ après la mise en œuvre des PGB ne donnent pas toujours des réductions équivalentes dans le ruisseau, et ne produisent pas nécessairement les gains substantiels au chapitre de la qualité de l'eau qui étaient prévus au départ. Le modèle a également montré que lorsque le PGB permet d'obtenir des réductions de

contaminants, les valeurs absolues de ces réductions ne suffisent pas pour respecter systématiquement les critères de qualité de l'eau du Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME).

Des travaux supplémentaires devront être réalisés et d'autres données seront nécessaires pour améliorer l'étalonnage du modèle. D'autres travaux de perfectionnement des modèles existants, pour éliminer les lacunes, et l'ajout des données recueillies sur le terrain sont prévus pour la prochaine phase de l'EPBH.

Le bassin versant du Bras d'Henri est l'un des deux sites du projet où les chercheurs ont intégré la modélisation hydrologique et économique. Ce processus est décrit plus en détail au chapitre 5.

On a constaté que des mesures de contrôle des écoulements de surface comme les fonds rocailleux (ci-dessus) et des bandes tampons contribuaient à améliorer la qualité de l'eau dans le bassin hydrographique de la Fourchette.

Tableau sommaire des résultats

Les résultats de l'étude biophysique et économique et de la modélisation dans ce bassin hydrographique sont résumés dans le tableau 12.

Conclusions

Cette étude a confirmé que la pédologie, l'hydrologie et le climat saisonnier peuvent fortement influencer les paramètres de qualité des eaux fluviales, tant dans le bassin versant Bras d'Henri que dans celui du ruisseau Fourchette. La phase d'évaluation des PGB a permis de démontrer des améliorations significatives dans les paramètres de qualité de l'eau dans le bassin versant du ruisseau Fourchette qui avait été étudié auparavant. On prévoit obtenir des améliorations similaires dans le bassin versant Bras d'Henri durant les évaluations futures.

L'analyse économique a montré que toutes les PGB auraient vraisemblablement besoin d'incitatifs financiers ou réglementaires, bien que la PGB de contrôle du ruissellement de surface présente probablement les avantages supplémentaires de la stabilisation des sols et de la hausse des rendements à l'échelle de la ferme.

La modélisation hydrologique a été réussie dans ce projet. Les modèles ont donné de bons résultats, mais ils auront besoin d'étalonnage supplémentaire et d'améliorations comme l'ajout de données recueillies de terrain dans la phase suivante du projet. Le bassin versant de la rivière Bras d'Henri est un des deux sites de l'EPBH dans lequel on a utilisé un modèle économique et hydrologique en combinaison. Le projet a démontré que les résultats de l'exercice de modélisation hydrologique peuvent être utilisés efficacement comme intrants dans des études de modélisation économique.

D'autres travaux de collecte de données et d'analyse seront nécessaires pour accroître la fiabilité des premières conclusions de tous les volets du projet.

Tableau 12 : Résumé des résultats obtenus dans les bassins hydrographiques de la rivière Bras d'Henri et du ruisseau Fourchette (2004/5 - 2007/8)

PGB	RÉSULTATS BIOPHYSIQUES	RÉSULTATS ÉCONOMIQUES	MODÉLISATION HYDROLOGIQUE
Contrôle du ruissellement des eaux de surface	• Fourchette : amélioration de la qualité de l'eau. • Bras d'Henri : résultats mitigés jusqu'ici.	• L'adoption de cette PGB augmente probablement les coûts, mais dans une moindre mesure pour les grandes fermes de culture. • Peut favoriser la stabilisation du terrain et une hausse de rendement. • Des incitatifs financiers ou réglementaires sont probablement requis pour encourager l'adoption de cette pratique. • L'adoption de cette pratique varie selon l'âge, le niveau d'études, la grandeur de la ferme et d'autres facteurs.	• Le modèle GIBSI a été calibré à partir de valeurs tirées d'articles publiés ou calculées au moyen d'équations de régression donnant des chiffres sur le rendement de la PGB (à savoir des bandes tampons). • Une fois que les données de terrain seront disponibles, le modèle GIBSI pourra être réétalonné, et des scénarios de PGB pourront être formulés de nouveau et donner des résultats plus fiables. • Les responsables de la modélisation avaient plus confiance dans leurs prévisions pour le plus grand bassin versant de la rivière Beauvivage que pour le bassin Bras d'Henri. • La modélisation a montré que les réductions des concentrations obtenues dans le champ après la mise en œuvre des PGB ne donnent pas toujours des réductions équivalentes dans le ruisseau, et ne produisent pas nécessairement les gains substantiels au chapitre de la qualité de l'eau qui étaient prévus au départ. Le modèle montrait également que lorsque le PGB permettent d'obtenir des réductions de contaminants, les valeurs absolues de ces réductions ne suffisent pas pour respecter systématiquement les critères de qualité de l'eau du COME.
Rotation des cultures (augmentation de la part de superficie en foin par rapport au maïs)	• À l'échelon de la ferme : réduction de la charge de nutriments vers le ruisseau. • À l'échelon du bassin versant : l'évaluation d'impact se poursuit.	• Pratique coûteuse et hausse des dépenses moyennes à court terme, les superficies en foin augmentant au détriment du maïs dans la rotation. • Des incitatifs financiers ou réglementaires sont probablement requis pour encourager l'adoption de cette pratique. • Adoption favorisée par l'âge et le niveau d'étude des producteurs et la grandeur de la ferme, et dissuadée par les frais de main-d'œuvre.	
Gestion du lisier de porc	• Réduction systématique des charges de N et de coliformes fécaux vers le ruisseau. • Réduction des pertes de N et P dans les eaux de ruissellement durant certaines années. • Hausse de la teneur résiduelle en P dans le sol. • Réduction apparente des odeurs pendant l'épandage.	• Pratique coûteuse, moins toutefois dans les grandes fermes de culture, et plus dans les fermes d'élevage. • On prévoit une baisse des besoins en engrais de synthèse. • Des incitatifs financiers ou réglementaires sont probablement requis pour encourager l'adoption de cette pratique. • Les femmes et les propriétaires qui habitent à la ferme sont plus enclin à adopter cette PGB.	

PGB	RÉSULTATS BIOPHYSIQUES	RÉSULTATS ÉCONOMIQUES	MODÉLISATION HYDROLOGIQUE
Utilisation réduite d'herbicides	• Système d'aide à la prise de décision basé sur celui d'AAC jugé inadéquat. • Avec les autres techniques, il faut plus de temps pour faire les ajustements nécessaires et observer les effets.	• Pratique coûteuse (perte de rendement); les coûts moyens augmentent rapidement lorsqu'on réduit le recours aux herbicides. • Des incitatifs financiers ou réglementaires sont probablement requis pour encourager l'adoption de cette pratique. • Les grandes fermes sont plus portées à adopter cette PGB.	

Remerciements

Les autres personnes et organismes qui ont contribué à cette étude sont : Georges Thériault, Michel Nolin, Nadia Goussard, Martin Chantigny, Roger Lalande, Claudel Lemieux, Marie-Josée Simard, Allan Cessna, Jonathan Bailey, Jean-Thomas Denault, Julie Corriveau, Farida Dechmi, Beata Novotna, Mario Deschênes, Isabelle Perron et Geneviève Bégin (AAC); Marielle Laferrière, Mathieu Gourdes Vachon et Catherine Bossé (CFB); Jacques Desjardins (IRDA); Donald Lemelin, Armand Gagnon et Émilie Beaudoin (MAPAQ); Martine Savard et Daniel Paradis (Ressources naturelles Canada); Martin-Pierre Lavigne et Sébastien Tremblay (INRS); Laurie Baker (Université McGill, L.B. Consulting); Sebastien Rivest (Université McGill); Pascal Ghazalian (Université Laval); les autres membres du comité directeur de l'EPBH pour le site Bras d'Henri / Fourchette, ainsi que les étudiants et les producteurs qui ont participé au projet.

Tableau 12 : Résumé des résultats obtenus dans les bassins hydrographiques de la rivière Bras d'Henri et du ruisseau Fourchette (2004/5 - 2007/8)

PGB	RÉSULTATS BIOPHYSIQUES	RÉSULTATS ÉCONOMIQUES	MODÉLISATION HYDROLOGIQUE
Contrôle du ruissellement des eaux de surface	• Fourchette : amélioration de la qualité de l'eau. • Bras d'Henri : résultats mitigés jusqu'ici.	• L'adoption de cette PGB augmente probablement les coûts, mais dans une moindre mesure pour les grandes fermes de culture. • Peut favoriser la stabilisation du terrain et une hausse de rendement. • Des incitatifs financiers ou réglementaires sont probablement requis pour encourager l'adoption de cette pratique. • L'adoption de cette pratique varie selon l'âge, le niveau d'études, la grandeur de la ferme et d'autres facteurs.	• Le modèle GIBSI a été calibré à partir de valeurs tirées d'articles publiés ou calculées au moyen d'équations de régression donnant des chiffres sur le rendement de la PGB (à savoir des bandes tampons). • Une fois que les données de terrain seront disponibles, le modèle GIBSI pourra être réétalonné, et des scénarios de PGB pourront être formulés de nouveau et donner des résultats plus fiables. • Les responsables de la modélisation avaient plus confiance dans leurs prévisions pour le plus grand bassin versant de la rivière Beaurivage que pour le bassin Bras d'Henri. • La modélisation a montré que les réductions des concentrations obtenues dans le champ après la mise en œuvre des PGB ne donnent pas toujours des réductions équivalentes dans le ruisseau, et ne produisent pas nécessairement les gains substantiels au chapitre de la qualité de l'eau qui étaient prévus au départ. Le modèle montrait également que lorsque le PGB permettent d'obtenir des réductions de contaminants, les valeurs absolues de ces réductions ne suffisent par pour respecter systématiquement les critères de qualité de l'eau du CCME.
Rotation des cultures (augmentation de la part de superficie en foin par rapport au maïs)	• À l'échelon de la ferme : réduction de la charge de nutriments vers le ruisseau. • À l'échelon du bassin versant : l'évaluation d'impact se poursuit.	• Pratique coûteuse et hausse des dépenses moyennes à court terme, les superficies en foin augmentant au détriment du maïs dans la rotation. • Des incitatifs financiers ou réglementaires sont probablement requis pour encourager l'adoption de cette pratique. • Adoption favorisée par l'âge et le niveau d'étude des producteurs et la grandeur de la ferme, et dissuadée par les frais de main-d'œuvre.	
Gestion du lisier de porc	• Réduction systématique des charges de N et de coliformes fécaux vers le ruisseau. • Réduction des pertes de N et P dans les eaux de ruissellement durant certaines années. • Hausse de la teneur résiduelle en P dans le sol. • Réduction apparente des odeurs pendant l'épandage.	• Pratique coûteuse, moins toutefois dans les grandes fermes de culture, et plus dans les fermes d'élevage. • On prévoit une baisse des besoins en engrais de synthèse. • Des incitatifs financiers ou réglementaires sont probablement requis pour encourager l'adoption de cette pratique. • Les femmes et les propriétaires qui habitent à la ferme sont plus enclin à adopter cette PGB.	

PGB	RÉSULTATS BIOPHYSIQUES	RÉSULTATS ÉCONOMIQUES	MODÉLISATION HYDROLOGIQUE
Utilisation réduite d'herbicides	• Système d'aide à la prise de décision basé sur celui d'AAC jugé inadéquat. • Avec les autres techniques, il faut plus de temps pour faire les ajustements nécessaires et observer les effets.	• Pratique coûteuse (perte de rendement); les coûts moyens augmentent rapidement lorsqu'on réduit le recours aux herbicides. • Des incitatifs financiers ou réglementaires sont probablement requis pour encourager l'adoption de cette pratique. • Les grandes fermes sont plus portées à adopter cette PGB.	

Remerciements

Les autres personnes et organismes qui ont contribué à cette étude sont : Georges Thériault, Michel Nolin, Nadia Goussard, Martin Chantigny, Roger Lalande, Claudel Lemieux, Marie-Josée Simard, Allan Cessna, Jonathan Bailey, Jean-Thomas Denault, Julie Corriveau, Farida Dechmi, Beata Novotna, Mario Deschênes, Isabelle Perron et Geneviève Bégin (AAC); Marielle Laferrière, Mathieu Gourdes Vachon et Catherine Bossé (CFB); Jacques Desjardins (IRDA); Donald Lemelin, Armand Gagnon et Émilie Beaudoin (MAPAQ); Martine Savard et Daniel Paradis (Ressources naturelles Canada); Martin-Pierre Lavigne et Sébastien Tremblay (INRS); Laurie Baker (Université McGill, L.B. Consulting); Sebastien Rivest (Université McGill); Pascal Ghazalian (Université Laval); les autres membres du comité directeur de l'EPBH pour le site Bras d'Henri / Fourchette, ainsi que les étudiants et les producteurs qui ont participé au projet.

L'EPBH bénéficie la communauté scientifique

Il est tout simplement faux de dire que le projet EPBH de la rivière Bras d'Henri profite uniquement au milieu agricole. Selon Alain N. Rousseau, les sciences en ressortent aussi grandes gagnantes.

« AAC nous a donné une occasion en or en nous permettant de perfectionner et d'affiner notre modèle hydrologique tout en nous donnant de la formation en modélisation. Il s'agit d'un modèle novateur combinant les facteurs hydrologiques et économiques qui a été élaboré avec la collaboration de chercheurs d'University of Guelph et d'University of Alberta », affirme M. Rousseau, professeur à l'Institut national de la recherche scientifique, Centre Eau, Terre et Environnement (INRS-ETE), qui est partenaire dans le projet de l'EPBH depuis maintenant quatre ans. « C'est quelque chose qu'on n'a pas toujours le temps de faire dans les projets contractuels d'études ordinaires, à cause des contraintes de temps. »

L'INRS-ETE a joué un rôle de chef de file dans l'élaboration d'un modèle hydrologique servant à évaluer les répercussions de différents scénarios liés à l'utilisation de PGB dans les bassins hydrographiques des rivières Bras d'Henri et Beaurivage.

« Avec nos confrères de l'Université Laval et de l'Université McGill, nous avons réussi à produire divers scénarios à l'aide du modèle afin d'évaluer les incidences environnementales et les effets économiques à la ferme par suite de l'adoption de diverses pratiques de gestion bénéfiques, ajoute-t-il. L'information servira à démontrer les avantages économiques et environnementaux, tant à l'échelle de la ferme que dans l'ensemble du bassin versant. »

1.6

Bassin hydrographique du ruisseau Black (Nouveau-Brunswick)

Responsable du bassin hydrographique : Lien Chow (AAC)
Économiste du site : Jérôme Damboise (Centre de conservation des sols et de l'eau de l'Est du Canada)
Responsable de la modélisation hydrologique du site : Fanrui Meng (Université du Nouveau-Brunswick)

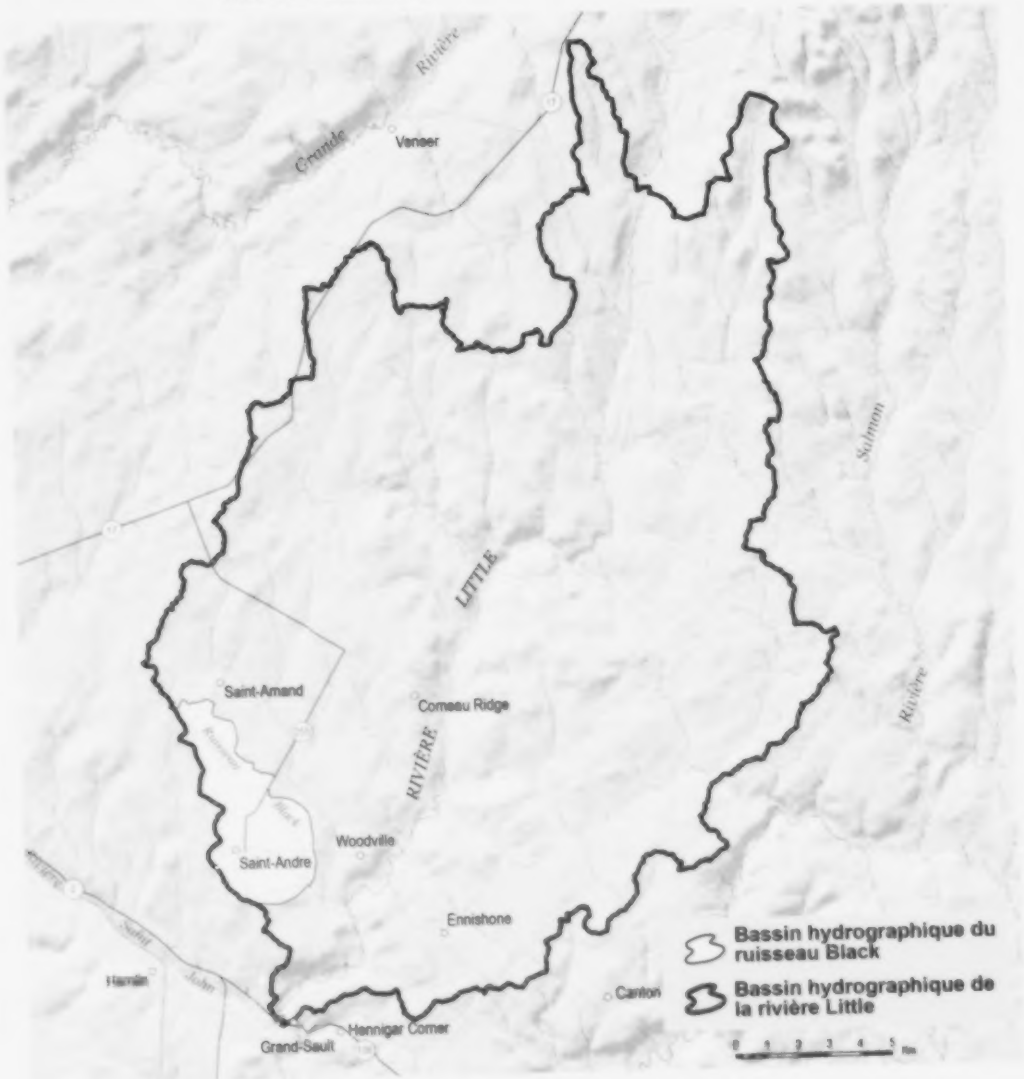


Figure 11 : Carte du bassin hydrographique du ruisseau Black

Contexte et enjeux

D'une superficie de 1 450 hectares, le bassin versant du ruisseau Black (figure 11) est situé au nord de Grand Sault, au Nouveau-Brunswick, dans la zone de culture de la pomme de terre de la province. Ce ruisseau fait partie du bassin versant de la rivière Little, dont la superficie atteint 380 km^2. Le relief est vallonné, avec des pentes comprises entre 2 et 9 % et dépassant 15 % à certains endroits.

Les terres agricoles du bassin versant du ruisseau Black représentent près de 65 % de la surface totale, le reste étant soit boisé, soit utilisé pour le développement urbain et domiciliaire. On y cultive principalement la pomme de terre en alternance avec les céréales, les pois et le foin fourrager. Chaque année, la moitié des terres agricoles est consacrée à la culture de la pomme de terre.

Les répercussions écologiques des pratiques agricoles intensives soulèvent des inquiétudes, notamment à cause du relief accidenté et des importantes précipitations. L'érosion du sol dans ces zones peut provoquer un excès de sédiments et d'éléments nutritifs dans les eaux de surface si des pratiques visant à préserver le sol et l'eau ne sont pas adoptées.

Volet biophysique

Le volet biophysique de l'étude est axé sur l'évaluation des répercussions sur la qualité de l'eau des deux PGB suivantes :

- Déviation et voies d'eau gazonnées
- Bandes riveraines gazonnées

Description des PGB et résultats

Déviation et voies d'eau gazonnées

Les terrasses de déviation et les voies d'eau gazonnées font partie d'une approche systémique visant à freiner l'érosion du sol et les pertes en eau dans les sols à forte pente. Les terrasses de déviation servent à rompre la courbe rectiligne des longues pentes en une série de plus courtes pentes. Chaque terrasse intercepte les eaux de ruissellement en amont et les achemine vers une voie d'eau gazonnée.

Les voies d'eau gazonnées sont des canaux recouverts de végétation permanente conçus pour déplacer l'eau de surface à travers les terres agricoles, ce qui permet de réduire l'érosion du sol. Ces canaux sont généralement aménagés dans des dépressions naturelles, à même le champ, où l'eau se dirigerait et s'accumulerait spontanément. L'herbe semée dans le canal ralentit l'écoulement de l'eau, filtre les sédiments contenus dans les eaux de ruissellement et protège le canal de l'érosion.

Deux sous-bassins versants, représentant une superficie combinée de 300 hectares, ont été choisis pour l'étude dans le bassin hydrographique du ruisseau Black. Une série de terrasses de déviation et de voies d'eau gazonnées a été aménagée au cours des six ans qui ont précédé l'étude. Depuis le commencement de l'EPBH, des améliorations ont été apportées à ces aménagements.

Dans la plupart des cas, cette PGB a considérablement réduit le ruissellement de surface et les concentrations en sédiments et en contaminants tels que les phosphates attachés à des particules. Toutefois, les terrasses de déviation et les voies d'eau gazonnées ont souvent contribué à *augmenter* les concentrations en nutriments

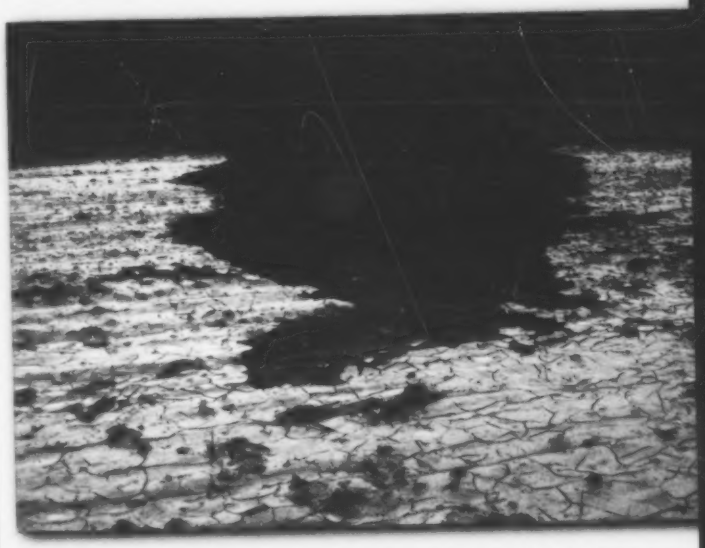
solubles (N et P). Les concentrations en sédiments et le débit des eaux de ruissellement varient considérablement d'une année à l'autre, en fonction de la hauteur, de l'intensité et de la répartition des précipitations dans le temps. Cette PGB s'est avérée inefficace pour réduire les charges polluantes lors des fortes pluies, en particulier lorsque les canaux venaient d'être aménagés.

Bandes riveraines gazonnées

Des bandes riveraines gazonnées ont été établies dans un sous-bassin hydrographique où peu de travaux de conservation avaient été accomplis par le passé. Ces bandes étaient aménagées de part et d'autre d'un canal profilé qui avait été ensemencé en graminées et de voies d'eau nouvellement gazonnées. L'efficacité des bandes tampons à freiner le déplacement des sédiments et des nutriments dans les eaux circulant dans le canal de drainage a été évaluée à la lisière du champ et au niveau du sous-bassin.

Cette PGB a donné des résultats comparables aux terrasses de déviation et aux voies d'eau gazonnées pour ce qui est de réduire le ruissellement et la présence de sédiments, mais les résultats obtenus au chapitre des nutriments n'étaient pas concluants. Une fois encore, selon la hauteur, l'intensité et la répartition des pluies dans le temps, le degré de réduction du débit et des charges de sédiments variait considérablement d'année en année.

De même, les zones riveraines tampons gazonnées n'ont pas permis de réduire les concentrations en sédiments lors des fortes pluies. Toutefois, lorsque ces zones se situaient en contrebas de contours cultivés dont la longueur de pente n'était pas excessive, elles recevaient très peu d'eau de ruissellement. Cela démontre le bien-fondé de faire varier l'assortiment de PGB, en éliminant au besoin une pratique en particulier, dans le cadre d'une approche intégrée visant à freiner l'érosion du sol.



Le relief vallonné de la région et d'importantes précipitations accroissent la possibilité d'une forte érosion des sols. L'érosion dans ces zones peut provoquer un excès de sédiments et d'éléments nutritifs dans les eaux de surface.

Autres études biophysiques

Étant donné que les chercheurs s'attendaient à avoir plus de difficulté à déceler des changements dans la qualité de l'eau avec certaines PGB, notamment à court terme, ils ont eu recours à plusieurs méthodes d'étude. Ces méthodes ont permis de quantifier les effets des PGB sur la qualité de l'eau et sur d'autres paramètres biophysiques, et ont permis d'approfondir les connaissances sur l'effet de l'interaction du bassin versant sur le rendement des PGB. Ces méthodes étaient les suivantes :

- **Répercussions des activités forestières et agricoles sur la qualité de l'eau de surface** – Pour déterminer la contribution relative des activités forestières et de diverses intensités agricoles au débit des cours d'eau et à la dégradation de la qualité de l'eau, des instruments de mesure ont été installés dans trois sous-bassins du bassin versant de la rivière Little. Ces sous-

Des stations d'échantillonnage automatique ont permis de faire le suivi des événements de ruissellement périodiques.

bassins étaient celui du ruisseau Black, à dominance agricole, et deux sous-bassins à dominance forestière; tous présentaient les mêmes types de sol. Les chercheurs ont surveillé la charge de contaminants et échantillonné l'eau pour en vérifier la teneur en sédiments en suspension et la composition chimique. Les résultats indiquaient que le débit d'eau augmente et que la teneur en sédiments en suspension et en substances agrochimiques augmentent à mesure que l'intensité des activités agricoles augmentent. Les résultats laissent aussi entrevoir que les sous-bassins à dominance forestière présentent peut-être un moins grand risque de pollution de l'environnement que le sous-bassin à dominance agricole. Toutefois, ces constatations sont peut-être rendues plus ténues par le fait que ces bassins versants ont des superficies différentes, de sorte que les réactions hydrologiques ne sont peut-être pas les mêmes.

- **Résidus de pesticides** – Avec la collaboration d'Environnement Canada, les chercheurs ont prélevé des échantillons d'eau à divers endroits et les ont analysés pour déterminer la concentration en pesticides et les risques qu'ils pourraient présenter dans l'eau de surface des zones dominées par la culture intensive de pommes de terre. L'information ainsi obtenue devait permettre d'élaborer des PGB visant l'utilisation réduite de pesticides. Au cours de la saison de croissance, un prélèvement hebdomadaire d'échantillons a permis de savoir qu'aucun pesticide ne dépassait les recommandations relatives à la qualité de l'eau requise pour la vie aquatique pendant les périodes de débit de base. Cependant, les échantillons prélevés pendant et immédiatement après de fortes pluies ont montré que les concentrations de certains pesticides étaient beaucoup plus élevées lors des périodes de débit maximal. Ces concentrations ont dépassé les seuils recommandés, puis elles ont commencé à décroître à mesure que la pluie s'intensifiait. Les terrasses de déviation et les voies d'eau gazonnées ont permis de réduire la concentration de tous les pesticides présents à peu près de moitié comparativement à un site d'échantillonnage non aménagé pour la conservation.
- **Initiative nationale d'élaboration de normes agroenvironnementales (INENA)** – Ce projet réalisé conjointement par Environnement Canada et AAC a permis de d'élaborer des normes de qualité pour les eaux de surface dans les bassins versants agricoles. Les chercheurs de l'INENA ont utilisé les données recueillies à des stations de surveillance situées dans le bassin hydrographique du ruisseau Black pour élaborer des normes relatives aux éléments nutritifs et aux sédiments en suspension et déposés.
- **Dépistage des sources de pollution microbienne** – Avec la collaboration de Santé Canada, les chercheurs ont choisi plusieurs sites dans le bassin hydrographique du ruisseau Black pour procéder à une étude de dépistage des sources de pollution microbienne (DSPM). Les importantes quantités de coliformes, d'*E. coli* et d'autres bactéries trouvées dans de nombreux échantillons, particulièrement en période

de crue, pourraient provenir d'un bassin de stabilisation des eaux usées ou encore de l'activité faunique.

Volet économique

L'analyse économique réalisée dans le cadre de l'étude du ruisseau Black a permis d'évaluer le degré d'adoption de différentes PGB et d'étudier les coûts à la ferme et les avantages de certaines PGB choisies. Les données sur la gestion des terres et les données agronomiques, qui remontent à 1988, ont été analysées pour cerner les changements dans les propriétés du sol et la gestion des cultures ainsi que l'adoption des PGB par les producteurs de pomme de terre dans le bassin versant. Le pourcentage de fermes qui ont aménagé des terrasses de déviation et des voies d'eau gazonnées est passé de 7 % en 1988 à 57 % en 2005, principalement grâce aux programmes de financement gouvernementaux. Les contraintes à l'adoption de ces PGB ailleurs dans le bassin versant sont d'ordre à la fois financier et physique (p. ex. la taille du champ, la topographie).

Un sondage sur les rendements et la qualité des pommes de terre a été effectué au sujet des récoltes de 2006 à 2008 pour évaluer le potentiel d'accroissement des revenus agricoles par suite de l'aménagement de moyens de conservation des sols tels que les terrasses de déviation et les voies d'eau gazonnées. Ces PGB étaient censées augmenter le rendement et la qualité des pommes de terre en réduisant le taux de ruissellement et en favorisant la conservation de l'humidité du sol pour la culture. Toutefois, leur incidence sur les rendements de pomme de terre n'a pas été concluante en raison de conditions météorologiques variables au cours des trois années de l'étude.

La répartition des précipitations au cours des saisons de croissance 2006 et 2008 a été exceptionnelle pour la production de pomme de terre, et pourtant on a observé très peu d'érosion du sol. Par conséquent, on n'a pas relevé de différence de rendement significative entre les champs de pommes de terre avec et sans PGB. Le sondage mené en 2007 s'est limité à un champ avec PGB et à un champ sans PGB. Il s'agissait d'une année sèche, et on a noté une augmentation significative des rendements dans le champ avec PGB. Toutefois, il faudrait réaliser ce type de sondage sur un certain nombre d'années pour évaluer avec justesse l'incidence des PGB sur les rendements de pommes de terre selon différents scénarios météorologiques. Par conséquent, une étude à long terme des données météorologiques sera menée durant la prochaine phase de l'EPBH.

Les coûts d'aménagement des terrasses de déviation et des voies d'eau gazonnées ont été estimés d'après les coûts maximaux admissibles en vertu des lignes directrices provinciales. Les coûts d'entretien et de perte d'efficacité provenaient d'une étude économique réalisée sur l'Île-du-Prince-Édouard et ont été adaptés aux conditions du Nouveau-Brunswick. Ces PGB sont coûteuses à mettre en œuvre et à entretenir, de sorte qu'il faudrait obtenir des gains de rendement considérables pour les amortir. Les bandes riveraines gazonnées sont également coûteuses à implanter. Des incitatifs financiers ou réglementaires seraient probablement nécessaires pour encourager l'adoption de ces deux PGB et leur entretien annuel.

Volet de modélisation

La modélisation hydrologique des PGB a été réalisée avec le modèle SWAT, de pair avec plusieurs modules adaptés à des PGB précises.

Le modèle a permis de faire un bon étalonnage de l'hydrologie et des teneurs en sédiments et en nutriments à partir des données de la période antérieure à la mise en œuvre des PGB. Il a ensuite été validé au moyen des données postérieures à la mise en place des PGB. Au cours de l'étalonnage effectué pour la période

Utilisées de concert avec les terrasses de déviation dans le bassin hydrographique du ruisseau Black, les voies d'eau gazonnées contribuent à réduire considérablement le ruissellement de surface et les charges en sédiments et en contaminants attachés à des particules vers les eaux de surface.

pré-PGB, les prédictions sur les débits mensuels correspondaient étroitement aux débits observés. Les prédictions du modèle étaient légèrement inférieures aux chiffres réels sur les sédiments au début de l'été et légèrement supérieures aux valeurs réelles à la fin de l'été.

Les résultats de la modélisation de la qualité de l'eau étaient mitigés. Le modèle s'avérait plus efficace pour prévoir les concentrations de P que les concentrations de N. Le modèle calibré a évalué les effets des PGB sur les apports de sédiments. Les résultats ont confirmé que la réduction observée d'apport de sédiments au cours de la période post-PGB était due à la mise en œuvre des PGB plutôt qu'à la fluctuation annuelle des conditions météorologiques.

D'après le modèle d'évaluation, il serait possible d'obtenir une réduction des sédiments de 60 % au niveau du bassin versant uniquement avec des terrasses de déviation. En outre, l'apport annuel moyen de sédiments a diminué de manière exponentielle à mesure que les superficies protégées de l'érosion augmentaient. Le modèle a aussi permis de constater que les coûts de réduction des sédiments augmentaient de manière exponentielle en fonction de la hausse des superficies protégées.

Un modèle a été élaboré pour prédire l'effet des bandes tampons gazonnées et des voies d'eau gazonnées en cas de forte pluie, et des essais ont été menés sur différentes largeurs de bandes variant de 15 à 35 mètres. La simulation a montré que l'efficacité des bandes tampons gazonnées augmentait à mesure que leur largeur augmentait, selon l'intensité des pluies.

Tableau sommaire des résultats

Les résultats de l'étude biophysique et économique et de la modélisation dans ce bassin hydrographique sont résumés dans le tableau 13.

Conclusions

Le projet EPBH du ruisseau Black bénéficiait de plusieurs années de données collectées avant le lancement de l'étude. Ces données ont été utilisées dans les volets biophysiques et économiques et dans les travaux de modélisation hydrologique. Les résultats de ce projet ont montré que la plus grande incidence en fait d'atténuation de l'érosion des sols provenait de l'application d'une combinaison de PGB.

Les chercheurs ont constaté que les terrasses de déviation et les voies d'eau gazonnées et/ou les zones riveraines tampons gazonnées permettaient probablement de réduire le ruissellement de surface et les charges de sédiments. Toutefois, les résultats au sujet des concentrations en nutriments solides dépendent des PGB. Aucune des PGB étudiées ne s'est avérée efficace pour réduire les charges en nutriments solubles

Tableau 13 : Résumé des résultats obtenus dans le bassin hydrographique du ruisseau Black (2004/5 - 2007/8)

PGB	RÉSULTATS BIOPHYSIQUES	RÉSULTATS ÉCONOMIQUES	MODÉLISATION HYDROLOGIQUE
Déviation et voies d'eau gazonnées	• Réduction notable du ruissellement de surface, des sédiments et des contaminants liés aux particules. • La charge en nutriments solubles était souvent plus élevée dans le ruisseau. • Inefficace pour ce qui est de réduire la charge en polluants dans le ruisseau lors des pluies très fortes.	• Coûts d'implantation et de maintien élevés • Les effets à court terme sur les rendements restent flous. • Des incitatifs financiers ou réglementaires sont probablement requis pour encourager l'adoption de cette pratique.	
Bandes riveraines gazonnées	• Peuvent contribuer à freiner le ruissellement et la charge des sédiments, selon les caractéristiques topographiques des champs en surplomb et le débit de l'eau provenant des champs avoisinants. • Les données sur les charges en nutriments vers le ruisseau ne permettent pas de dégager de tendance claire. • Inefficace pour ce qui est de réduire les charges vers le ruisseau après de fortes pluies.	• Coûteuses à mettre en œuvre • Pas d'avantages clairs à court terme pour les propriétaires. • Des incitatifs financiers ou réglementaires sont probablement requis pour encourager l'adoption de cette pratique.	

emportés lors des périodes de fortes pluies. Le but principal des terrasses et des voies d'eau gazonnées était de freiner la perte de sol en réduisant le débit et la quantité des eaux de ruissellement.

L'analyse économique a révélé qu'il faudrait vraisemblablement recourir à des incitatifs financiers ou réglementaires pour encourager l'adoption des ces deux PGB. D'autres études devront être réalisées pour préciser les effets des PGB sur les rendements et la qualité des pommes de terre.

La modélisation hydrologique a été réussie dans ce projet. Les modèles réagissaient bien aux données recueillies sur le terrain.

D'autres travaux de collecte de données et d'analyse seront nécessaires pour accroître la fiabilité des premières conclusions de tous les volets du projet.

Tableau 13 : Résumé des résultats obtenus dans le bassin hydrographique du ruisseau Black (2004/5 - 2007/8)

PGB	RÉSULTATS BIOPHYSIQUES	RÉSULTATS ÉCONOMIQUES	MODÉLISATION HYDROLOGIQUE
Déviation et voies d'eau gazonnées	• Réduction notable du ruissellement de surface, des sédiments et des contaminants liés aux particules. • La charge en nutriments solubles était souvent plus élevée dans le ruisseau. • Inefficace pour ce qui est de réduire la charge en polluants dans le ruisseau lors des pluies très fortes.	• Coûts d'implantation et de maintien élevés • Les effets à court terme sur les rendements restent flous. • Des incitatifs financiers ou réglementaires sont probablement requis pour encourager l'adoption de cette pratique.	• Le modèle SWAT a donné de bons résultats pour ce qui est de valider l'hydrologie et les charges en sédiments et en nutriments. • Des données recueillies sur le terrain ont été utilisées pour l'étalonnage et la validation du modèle. • Le modèle peut servir à effectuer des analyses de rentabilité.
Bandes riveraines gazonnées	• Peuvent contribuer à freiner le ruissellement et la charge des sédiments, selon les caractéristiques topographiques des champs en surplomb et le débit de l'eau provenant des champs avoisinants. • Les données sur les charges en nutriments vers le ruisseau ne permettent pas de dégager de tendance claire. • Inefficace pour ce qui est de réduire les charges vers le ruisseau après de fortes pluies.	• Coûteuses à mettre en œuvre • Pas d'avantages clairs à court terme pour les propriétaires. • Des incitatifs financiers ou réglementaires sont probablement requis pour encourager l'adoption de cette pratique.	• Un modèle a été élaboré pour prédire l'effet des bandes tampons gazonnées et des voies d'eau gazonnées en cas de forte pluie.

emportés lors des périodes de fortes pluies. Le but principal des terrasses et des voies d'eau gazonnées était de freiner la perte de sol en réduisant le débit et la quantité des eaux de ruissellement.

L'analyse économique a révélé qu'il faudrait vraisemblablement recourir à des incitatifs financiers ou réglementaires pour encourager l'adoption des ces deux PGB. D'autres études devront être réalisées pour préciser les effets des PGB sur les rendements et la qualité des pommes de terre.

La modélisation hydrologique a été réussie dans ce projet. Les modèles réagissaient bien aux données recueillies sur le terrain.

D'autres travaux de collecte de données et d'analyse seront nécessaires pour accroître la fiabilité des premières conclusions de tous les volets du projet.

Photo : J.L. Daigle, Centre de conservation des sols et de l'eau de l'Est du Canada

Le producteur Lionel Poitras du ruisseau Black présente un exposé lors de l'atelier sur le projet EPBH et les échanges techniques entre le Québec et le Nouveau-Brunswick, en mars 2008.

À l'avantage du sol et des eaux

Il ne fait aucun doute dans l'esprit de Lionel Poitras que la conservation du sol sur son exploitation de pommes de terre au Nouveau-Brunswick est essentielle à son bien-être et à sa collectivité.

« Nous tirons notre gagne-pain de la terre, affirme M. Poitras, un producteur/coopérateur du projet EPBH du ruisseau Black. Nous devons garder la terre à sa place, pour que notre exploitation agricole soit viable et durable. »

Joignant le geste à la parole, M. Poitras a aménagé 660 mètres de terrasses de déviation et 750 mètres de voies d'eau gazonnées ou à fond rocailleux sur sa terre située dans le bassin hydrographique du ruisseau Black afin de ralentir les écoulements de surface et de réduire l'érosion du sol. Et ses efforts sont récompensés. L'érosion des terres était un véritable fléau dans cette région, mais cela sera bientôt chose du passé, grâce aux efforts de producteurs comme M. Poitras.

« Tout le monde en sort gagnant, ajoute M. Poitras. Nous conservons notre terre et nous améliorons du même coup la qualité de l'eau du ruisseau. Chaque citoyen et l'ensemble de la collectivité rurale peuvent donc en profiter. »

Remerciements

Les autres personnes et organismes qui ont contribué à cette étude sont : Herb Rees (AAC), Glenn Benoy (AAC/Environnement Canada), Jean-Louis Daigle (Centre de conservation des sols et de l'eau de l'Est du Canada), les autres membres du comité directeur de l'EPBH du ruisseau Black et les étudiants et les producteurs qui ont collaboré au projet.

1.7

Bassin hydrographique du ruisseau Thomas (Nouvelle-Écosse)

Responsable du bassin hydrographique : Dale Hebb (AAC)
Économiste du site : Emmanuel Yiridoe (Collège d'agriculture de la Nouvelle-Écosse)
Responsable de la modélisation hydrologique du site : Rob Jamieson (Dalhousie University)

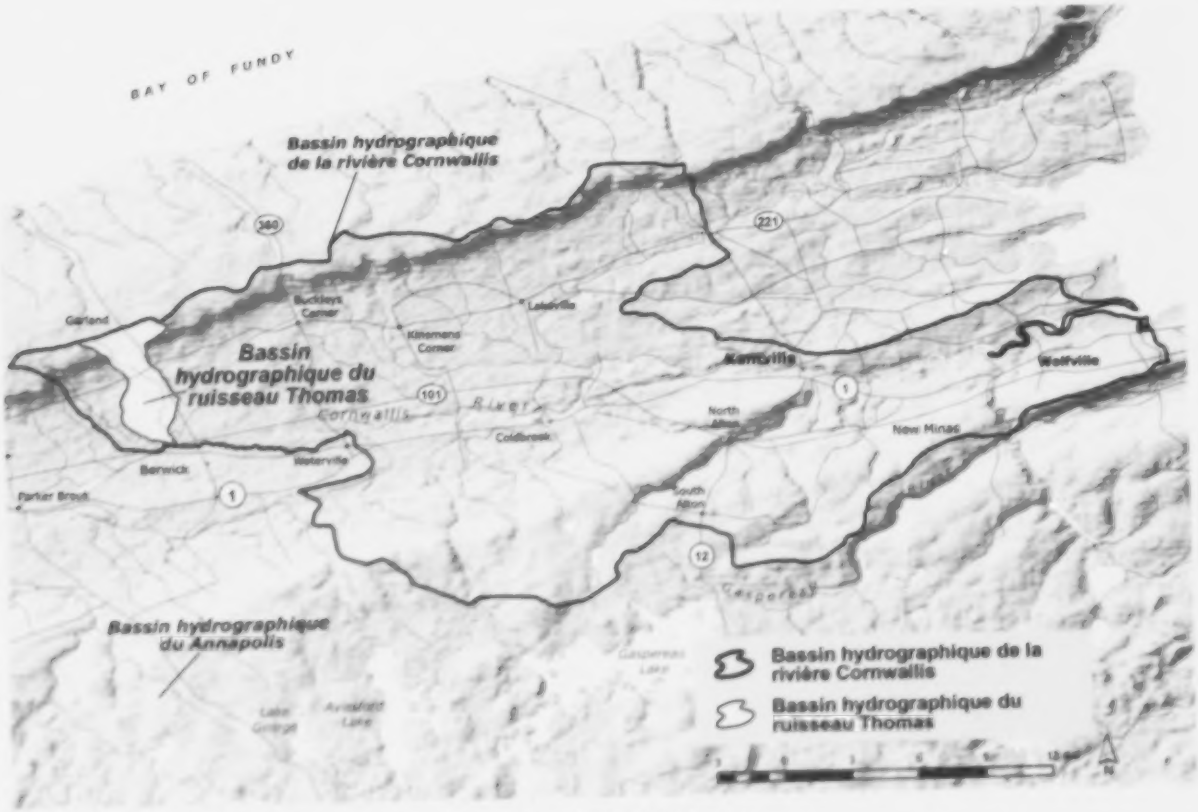


Figure 12 : Carte du bassin hydrographique du ruisseau Thomas

1.7

Bassin hydrographique du ruisseau Thomas (Nouvelle-Écosse)

Responsable du bassin hydrographique : Dale Hebb (AAC)
Économiste du site : Emmanuel Yiridoe (Collège d'agriculture de la Nouvelle-Écosse)
Responsable de la modélisation hydrologique du site : Rob Jamieson (Dalhousie University)

Figure 12 : Carte du bassin hydrographique du ruisseau Thomas

Contexte et enjeux

Le bassin hydrographique du ruisseau Thomas (figure 12), qui s'étend sur 760 hectares, est typique de la vallée d'Annapolis, en Nouvelle-Écosse. Ce bassin versant est composé de petites parcelles de terrain utilisées pour l'agriculture et l'exploitation forestière ainsi que de lots résidentiels ruraux. Les 128 champs du bassin versant supportent différents types de cultures allant des prairies naturelles aux productions fruitières et maraîchères intensives.

Plusieurs indicateurs de la qualité de l'eau (nutriments, sédiments, *E. coli*) du ruisseau Thomas dépassaient régulièrement les seuils recommandés pour diverses utilisations (eau potable, irrigation). L'utilisation polyvalente du sol rend difficile le dépistage des sources de contaminants ainsi que l'évaluation des effets de chaque PGB. Les échantillons d'eau prélevés en amont des activités d'utilisation intense du sol ont un niveau naturel de contamination qui dépasse parfois les seuils recommandés.

Compte tenu de la diminution de la qualité de l'eau et de l'importance de l'utilisation du sol à des fins agricoles dans le bassin hydrographique, les chercheurs jugeaient essentiel de mettre en place des PGB pour améliorer la qualité de l'eau. Mieux comprendre les répercussions à plus grande échelle de l'agriculture sur un écosystème pluriel est devenu un objectif sous-jacent du projet du ruisseau Thomas.

Le projet EPBH du ruisseau Thomas a joué un grand rôle dans la formation d'un groupe de conservation du bassin versant composé de résidents intéressés de la région. La Cornwallis Headwaters Society, qui existe depuis 2007, appuie les activités de recherche et de conservation dans le bassin hydrographique.

Volet biophysique

Le volet biophysique de l'étude est axé sur l'évaluation des répercussions environnementales sur la qualité de l'eau des trois PGB suivantes :

- Plan de gestion des nutriments
- Clôture d'exclusion pour les bovins (et abreuvement à l'écart des cours d'eau)
- Détournement d'eaux pluviales (ruissellement autour de la ferme)

Les PGB sont évaluées à huit différents points de surveillance de la qualité de l'eau répartis dans le bassin versant. Certains de ces points sont situés directement en aval des PGB mises en oeuvre. Un point de prélèvement est situé en amont, vers le haut du bassin versant, afin de permettre une comparaison contrôlée, et un point est situé à l'exutoire du bassin, afin de mesurer l'effet cumulatif des PGB. L'évaluation de la qualité de l'eau porte sur la teneur en nutriments, en sédiments et en bactéries *E. coli*.

Description des PGB et résultats

Plan de gestion des nutriments

Des plans de gestion des éléments nutritifs, basés sur un cycle de rotation de trois ans, ont été préparés pour les fermes de taille commerciale (à l'exclusion des fermes de plaisance) du bassin versant, dans le but de gérer les applications de N et de P, et ce, afin de réduire le lessivage de nutriments excédentaires. Toutefois, en raison de la variabilité saisonnière de la teneur en éléments nutritifs du sol et des changements agronomiques annuels, ces plans triennaux ne correspondent pas nécessairement à la situation sur le terrain et aux besoins en nutriments au cours d'une campagne donnée.

Les exploitants agricoles du ruisseau Thomas n'ont pas signalé de changements majeurs dans leurs méthodes de production suite à la planification de la gestion des éléments nutritifs. Compte tenu de la complexité du bassin versant, cette application limitée de gestion planifiée des éléments nutritifs n'a eu aucun effet observable sur la qualité de l'eau du ruisseau, de sorte que les chercheurs ont remis en question la nature et la structure de la PGB.

Les futurs travaux relatifs à cette PGB comprendront le prélèvement annuel d'échantillons de sol et la formulation de recommandations sur la conduite des cultures et la fertilisation. Ces mesures faciliteront le suivi des éléments nutritifs dans le sol, ce qui devrait aider à déterminer l'efficacité de la gestion planifiée des éléments nutritifs.

Clôture d'exclusion pour les bovins (et abreuvement à l'écart des cours d'eau)

Des clôtures d'exclusion des bovins et des systèmes d'abreuvement à l'écart des cours d'eau ont été installés pour réduire la contamination par le fumier dans la zone riveraine et minimiser la perturbation des berges. Cette PGB a été mise à l'essai dans des pâturages en rotation fréquentés par des bovins laitiers.

À cause de la faible longueur de la bande riveraine réservée pour l'étude et de la perte de pâturage due à cette PGB, cette pratique a eu une incidence observable minime sur la qualité de l'eau et a eu des retombées marginales à la ferme. La faible incidence de cette PGB pourrait aussi être attribuable au nombre restreint de bovins dans le pâturage.

La PGB consistant à détourner les eaux pluviales a conduit à l'installation d'un système de déviation des eaux pluviales sur les bâtiments visant à les acheminer en évitant les zones d'épandage du fumier de manière à réduire la contamination de l'eau de ruissellement qui se dirige vers le ruisseau.

Détournement d'eaux pluviales (ruissellement autour de la ferme)

Un système de déviation des eaux pluviales a été mis en place sur une exploitation laitière pour acheminer le ruissellement issu des bâtiments en évitant une zone d'épandage du fumier, de manière à réduire la contamination de l'eau de ruissellement.

Les résultats ont indiqué une réduction des concentrations de P et d'*E. coli* lors des périodes de fort débit ou de ruissellement d'eaux de pluie. Bien que les teneurs en P et en *E. coli* demeuraient élevées, cette pratique a permis d'obtenir une réduction notable des charges dans le ruisseau.

La PGB a eu une incidence importante et immédiate sur la qualité de l'eau en période de haut débit, mais aucune différence significative n'a été observée dans la qualité de l'eau à l'exutoire du bassin.

L'utilisation polyvalente du sol rend difficile le dépistage des sources de contaminants ainsi que l'évaluation des effets de chaque PGB.

Autres études biophysiques

Étant donné que les chercheurs s'attendaient à avoir plus de difficulté à déceler des changements dans la qualité de l'eau avec certaines PGB, notamment à court terme, ils ont eu recours à plusieurs méthodes d'étude. Ces méthodes ont permis de quantifier les effets des PGB sur la qualité de l'eau et sur d'autres paramètres biophysiques, et ont permis d'approfondir les connaissances concernant l'effet de l'interaction du bassin versant sur le rendement des PGB. Ces méthodes étaient les suivantes :

- **Évaluation de l'état des zones riveraines** – Environ un dixième du bassin versant est classé comme zone riveraine. Sur ce total, seulement 10 % de la superficie est considérée comme étant en mauvais état, généralement lorsqu'elle est utilisée pour le pâturage. Étant donné que les nutriments ont tendance à séjourner plus longtemps dans le sol de ces zones riveraines, les effets des PGB mesurés au champ passent souvent inaperçus, ce qui minimise l'impact sur l'eau du ruisseau.
- **Nitrates et bactéries entériques** – Le projet a consisté à étudier le lessivage des nitrates à travers les nappes souterraines et les réseaux de drainage. Les résultats préliminaires montrent que les zones riveraines boisées contribuent à réduire les concentrations en nitrates dans les eaux souterraines. Une étude sur la persistance et le déplacement des bactéries entériques (intestinales) a débuté en janvier 2008.
- **Oxygène dissous** – Des mesures de l'oxygène dissous, l'un des meilleurs indicateurs de la santé des cours d'eau, ont été prises de façon hebdomadaire dans le ruisseau Thomas pendant une période de quatre ans. Les résultats indiquent que l'eau du ruisseau respecte

les lignes directrices canadiennes en matière de qualité de l'eau en ce qui regarde les concentrations d'oxygène dissous dans les masses d'eau douce. La nature turbulente de l'hydrologie du ruisseau facilite l'aération et permet de mieux atténuer les effets de la pollution entrante, ce qui contribue au maintien d'un habitat aquatique sain.

- **Invertébrés benthiques** – Des échantillons d'invertébrés benthiques ont été prélevés afin d'évaluer l'état de la vie aquatique, un indicateur de la qualité de l'eau. La qualité de l'eau vérifiée au point de surveillance situé directement en aval de la zone de détournement des eaux pluviales a été jugée « passable » à « très satisfaisante » et s'est stabilisée ou même améliorée avec le temps. Par contre, la qualité de l'eau vérifiée à un point de surveillance situé plus en aval a été considérée « passable » à « assez pauvre », mais encore là, elle est restée stable ou s'est améliorée avec le temps.

Volet économique

Des données sur les aspects économiques des PGB et sur les facteurs qui influencent l'adoption de ces pratiques ont été recueillies et utilisées pour élaborer un modèle d'optimisation adapté à une ferme représentative. Ce modèle a été appliqué en combinaison avec des simulations hydrologiques préliminaires afin de prédire l'incidence de la mise en œuvre des PGB sur la marge brute de la ferme. Des données primaires et des données estimatives sur les coûts provenant de

Une analyse économique préliminaire réalisée dans le bassin hydrographique du ruisseau Thomas laisse entendre que les coûts liés à l'installation de clôtures d'exclusion des bovins et de points d'abreuvement à l'écart des cours d'eau pourraient être partiellement compensés par des gains dans le rendement laitier résultant de l'accès à une eau potable de meilleure qualité.

sources telles que les bases de données provinciales ont été utilisées pour élaborer des scénarios de modélisation destinés à évaluer les effets des PGB.

Les résultats ont indiqué que toutes les PGB ont contribué à réduire la marge brute, ce qui laisse supposer que des incitatifs financiers ou réglementaires seraient nécessaires pour encourager les producteurs à les adopter. Toutefois, comme l'amélioration de la qualité de l'eau potable pourrait contribuer à accroître le rendement laitier, la PGB visant à installer des clôtures d'exclusion des bovins pourrait atténuer quelque peu la baisse de la marge brute.

La simulation par modélisation de la PGB visant la gestion planifiée des nutriments a prédit que l'application de 90 % des doses recommandées d'engrais azoté sur les cultures permettrait de réduire la pollution par les nitrates de 20 % sans nuire sensiblement à la marge brute. Toutefois, lorsqu'on réduit les doses d'engrais, les recettes agricoles diminuent aussi.

Les agriculteurs du bassin versant ont mentionné qu'ils avaient de la difficulté à trouver des débouchés pour certaines cultures céréalières qu'on leur avait conseillé d'insérer dans leur assolement aux fins d'une meilleure gestion des nutriments. L'incapacité à commercialiser ces cultures, conjuguée à la baisse des rendements des cultures due à la réduction des doses d'engrais, risque de nuire à l'adoption généralisée de la PGB visant la gestion des nutriments.

Volet de modélisation

La modélisation hydrologique a été menée à l'aide du modèle SWAT dans le bassin versant du ruisseau Thomas; les données sur le sol, l'utilisation des terres et d'autres éléments ont été converties aux formats compatibles. Le modèle a été étalonné en fonction des conditions locales en utilisant des données sur le débit et les sédiments provenant du suivi de la qualité de l'eau. Le modèle SWAT a été étalonné de manière à prédire les débits journaliers, l'érosion et le déplacement des sédiments, ainsi que la qualité de l'eau à l'exutoire du bassin.

Le modèle n'a pas été validé, car l'étalonnage se fondait sur une période d'étude de moins de deux ans. Par conséquent, les résultats devront être considérés comme étant préliminaires. Les données sur les précipitations, la température, le drainage souterrain et les épandages d'engrais étaient également insuffisantes. Pour étalonner précisément et valider le modèle, il faudra obtenir des données supplémentaires et prévoir plus de temps pour produire des résultats fiables.

Le modèle calibré a permis de représenter la réaction hydrologique du bassin versant, mais l'efficacité du modèle était limitée par un manque de données météorologiques locales et par l'incapacité du modèle SWAT à bien saisir le moment et l'ampleur de la fonte des neiges.

Les effets des PGB ont été étudiés en ajustant les paramètres internes du modèle SWAT. Les résultats des simulations préliminaires étaient conformes aux attentes. Les chercheurs ont trouvé que les PGB avaient très peu d'incidence sur le débit. Les bandes tampons ont freiné le déplacement des sédiments, mais les autres PGB ont eu très peu d'effet.

Le modèle SWAT est actuellement limité dans sa capacité à simuler le déplacement des sédiments, à représenter les zones riveraines boisées et à tenir compte du drainage souterrain. Ces processus pourraient être inclus dans la prochaine phase de l'EPBH. L'étalonnage et la validation du modèle à l'aide de nouvelles données sont également prévus.

Tableau sommaire des résultats

Les résultats de l'étude biophysique et économique et de la modélisation dans ce bassin hydrographique sont résumés dans le tableau 14.

Tableau 14 : Résumé des résultats obtenus dans le bassin hydrographique du ruisseau Thomas (2004/5 - 2007/8)

PGB	RÉSULTATS BIOPHYSIQUES	RÉSULTATS ÉCONOMIQUES	MODÉLISATION HYDROLOGIQUE
Plan de gestion des nutriments	• Aucune incidence sur la qualité de l'eau du ruisseau à cause de la complexité du bassin versant et de l'application limitée des PGB.	• Coûteux en fait de perte de rendement. • Les pertes agricoles augmentent à mesure que les doses d'engrais diminuent. • Il est difficile de trouver des débouchés pour les nouvelles cultures recommandées pour la rotation.	• Le modèle a été étalonné à l'aide de données de surveillance de la qualité de l'eau, mais il n'a pas encore été validé à l'aide de données à long terme. • Des données supplémentaires sont nécessaires pour obtenir des données plus fiables. • Les effets prévus des PGB étaient fiables, mais conformes aux attentes.
Clôture d'exclusion pour les bovins (et abreuvement à l'écart des cours d'eau)	• Incidence minimale sur la qualité de l'eau du ruisseau, probablement à cause de la faible longueur de la bande d'exclusion et du nombre restreint de bovins.	• Pratique coûteuse à implanter et à maintenir. • Perte de surface de pâturage, mais hausse possible de la production de lait. • Des incitatifs financiers ou réglementaires sont probablement requis pour encourager l'adoption de cette pratique.	
Détournement d'eaux pluviales (ruissellement autour de la ferme)	• Réduction notable des concentrations en P et en *E. coli* vers le ruisseau	• Installation coûteuse • Pas d'avantages économiques à court terme pour le propriétaire. • Des incitatifs financiers ou réglementaires sont probablement requis pour encourager l'adoption de cette pratique.	

Conclusions

En raison de la complexité de ce bassin versant, l'incidence des PGB sur la qualité de l'eau n'est pas encore évidente à l'exutoire du bassin. Les PGB ciblées ont eu un effet significatif sur la qualité de l'eau directement en aval, mais on n'a pas observé d'effet notable sur l'ensemble du bassin. Il est probable que les PGB examinées n'étaient pas suffisamment radicales pour améliorer la qualité de l'eau à court terme dans un écosystème aussi varié que celui-ci. Il faudra plus de temps pour déterminer les effets des PGB.

L'analyse économique a révélé que les trois PGB ont occasionné des coûts nets aux agriculteurs et que leur adoption

Tableau 14 : Résumé des résultats obtenus dans le bassin hydrographique du ruisseau Thomas (2004/5 - 2007/8)

PGB	RÉSULTATS BIOPHYSIQUES	RÉSULTATS ÉCONOMIQUES	MODÉLISATION HYDROLOGIQUE
Plan de gestion des nutriments	• Aucune incidence sur la qualité de l'eau du ruisseau à cause de la complexité du bassin versant et de l'application limitée des PGB.	• Coûteux en fait de perte de rendement. • Les pertes agricoles augmentent à mesure que les doses d'engrais diminuent. • Il est difficile de trouver des débouchés pour les nouvelles cultures recommandées pour la rotation.	• Le modèle a été étalonné à l'aide de données de surveillance de la qualité de l'eau, mais il n'a pas encore été validé, pour cause de manque de données à long terme. • Des données supplémentaires sont nécessaires pour obtenir des résultats plus fiables. • Les effets prévus des PGB étaient limités, mais conformes aux attentes.
Clôture d'exclusion pour les bovins (et abreuvement à l'écart des cours d'eau)	• Incidence minimale sur la qualité de l'eau du ruisseau, probablement à cause de la faible longueur de la bande d'exclusion et du nombre restreint de bovins.	• Pratique coûteuse à implanter et à maintenir. • Perte de surface de pâturage, mais hausse possible de la production de lait. • Des incitatifs financiers ou réglementaires sont probablement requis pour encourager l'adoption de cette pratique.	
Détournement d'eaux pluviales (ruissellement autour de la ferme)	• Réduction notable des concentrations en P et en *E. coli* vers le ruisseau	• Installation coûteuse • Pas d'avantages économiques à court terme pour le propriétaire. • Des incitatifs financiers ou réglementaires sont probablement requis pour encourager l'adoption de cette pratique.	

Conclusions

En raison de la complexité de ce bassin versant, l'incidence des PGB sur la qualité de l'eau n'est pas encore évidente à l'exutoire du bassin. Les PGB clôture ont eu un effet significatif sur la qualité de l'eau directement en aval, mais on n'a pas observé d'effet notable sur l'ensemble du bassin. Il est probable que les PGB examinées n'étaient pas suffisamment radicales pour améliorer la qualité de l'eau à court terme dans un écosystème aussi varié que celui-ci. Il faudra plus de temps pour déterminer les effets des PGB.

L'analyse économique a révélé que les trois PGB ont occasionné des coûts nets aux agriculteurs et que leur adoption

La coordonnatrice du projet de la Cornwallis Headwaters Society, Angie Garnett, entre des coordonnées dans un système de positionnement global au bassin hydrographique du ruisseau Thomas.

Groupes locaux de conservation du bassin hydrographique

La Cornwallis Headwaters Society (CHS) fournit aux chercheurs et aux scientifiques travaillant au projet EPBH du ruisseau Thomas un élément essentiel à l'étude — un lien avec les gens.

« Nous jouons le rôle d'intermédiaire entre les chercheurs et les agriculteurs locaux, et aussi entre les différents chercheurs, explique Angie Garnett, coordonnatrice du projet pour la CHS. Lorsque des scientifiques nous présentent des projets de recherche, nous prenons contact avec des agriculteurs et leurs décrivons les travaux qui seront réalisés, puis nous coordonnons le travail entre eux. »

Créée en 2007, la CHS établit avec les propriétaires locaux un lien qui est nécessaire à la réussite. Comme les partenaires du projet EPBH ont reconnu la nécessité de collaborer avec un groupe local responsable du bassin hydrographique, ils ont participé à la formation de la CHS.

« Cela a aidé les chercheurs à collaborer plus étroitement avec les producteurs afin d'adapter les pratiques de gestion aux conditions écologiques particulières des différentes exploitations agricoles », explique M^me^ Garnett.

nécessiterait probablement le recours à des incitatifs financiers ou réglementaires. D'autres études devront être menées pour quantifier les avantages potentiels de ces PGB à la ferme.

La modélisation hydrologique a été effectuée avec succès en utilisant des données de surveillance de la qualité de l'eau obtenues localement. Le modèle a bien fonctionné, mais on prévoit qu'il donnera des résultats encore meilleurs après l'ajout de données locales supplémentaires, dans la prochaine phase du projet.

Grâce à sa dimension multidisciplinaire, le projet EPBH du ruisseau Thomas a donné lieu à d'autres recherches sur l'eau et l'environnement dans la région. Il a même eu un effet catalyseur et permis la création d'une association locale de conservation du bassin versant.

D'autres travaux de collecte de données et d'analyse seront nécessaires pour accroître la fiabilité des premières conclusions de tous les volets du projet.

Remerciements

Les autres personnes et organismes qui ont contribué à cette étude sont : Katherine Benedict et Victor Allan Seitz (Collège d'agriculture de la Nouvelle-Écosse), Rob Gordon (University of Guelph, anciennement du Collège d'agriculture de la Nouvelle-Écosse), les autres membres du comité directeur de l'EPBH du bassin versant du ruisseau Thomas, et les étudiants et producteurs qui ont collaboré au projet.

Annexe 2

Activités de communications de l'EPBH

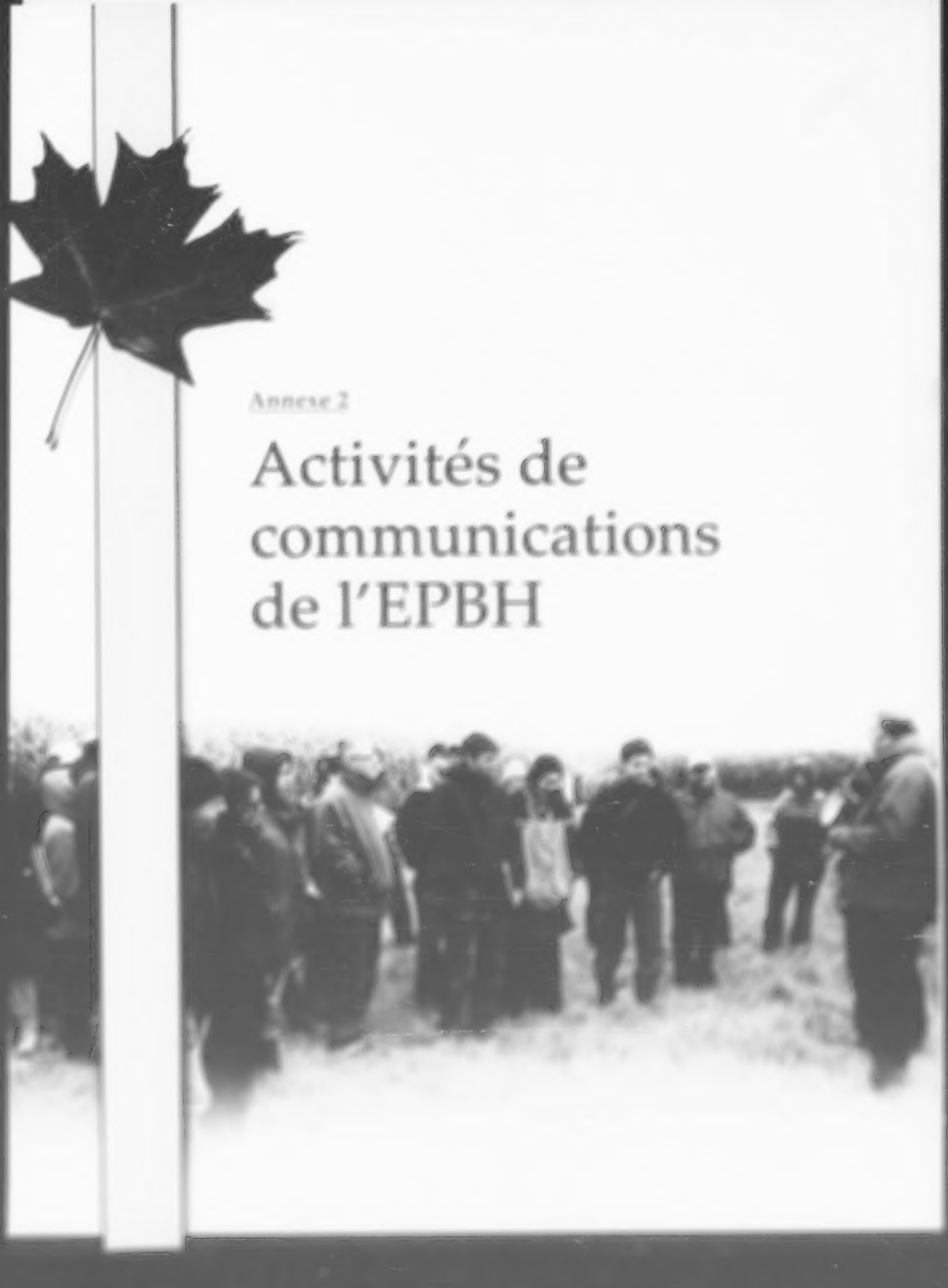


Table des matières de l'annexe 2

2.1 Exposés/discussions 143

2.2 Articles de revues examinés par les pairs 144

2.3 Articles publiés dans des journaux, des magazines et en ligne 145

2.4 Fact Sheets, News Releases, Brochures 146

2.5 Ateliers et réunions 147

2.6 Rapports 148

2.1 Exposés/discussions

L'EPBH permet de renseigner un large auditoire, notamment les chercheurs, les responsables de l'élaboration de politiques publiques, les producteurs et le public, au sujet de l'avancement du projet, des méthodes employées et des résultats obtenus.

Depuis le lancement du projet, en avril 2004, les chercheurs de l'EPBH ont présenté des exposés à de nombreuses conférences et réunions techniques, tant à l'échelle nationale qu'internationale, comme le montrent les exemples présentés ci-dessous.

Tableau 15 : Réunions et exposés ayant trait à l'EPBH (2004/5 - 2007/8)

Réunion/conférence/exposé	Lieu	Date
Survol du projet de l'EPBH		
2004		
Association canadienne des ressources hydriques	Montréal (Québec)	Juil. 2004
Atelier Environnement Canada/INENA	Halifax (N.-É.)	Sept. 2004
American Society of Agronomy	Seattle (Washington)	Nov. 2004
Réseau d'évaluation et de surveillance écologiques	Québec (Québec)	Déc. 2004
2005		
Synthèse de l'analyse des articles publiés (CEAP)	Lincoln (Nebraska)	Jan. 2005
Alberta Soil Science Workshop	Calgary (Alberta)	Fév. 2005
Discussion trilatérales Canada/É.-U./Mexique	Ottawa (Ontario)	Mar. 2005
International Water Association – La pollution diffuse	Johannesburg, Afrique du Sud	Juil. 2005
Soil and Water Conservation Society	Rochester (New York)	Août. 2005
Institut international du développement durable	Winnipeg (Manitoba)	Sept. 2005
National Environmental Farm Planning Practitioners Workshop	Montréal (Québec)	Oct. 2005
2006		
Ecological Goods and Services Workshop	Winnipeg (Manitoba)	Fév. 2006
Réunion technique annuelle du projet CEAP	Ames (Iowa)	Mai 2006
Modélisation du paysage, AAC	Calgary (Alberta)	Juin. 2006
Managing Ag Landscapes	Kansas City (Missouri)	Oct. 2006
Nova Scotia Federation of Agriculture (NSFA)	Truro (N.-É.)	Nov. 2006
Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, et des Affaires rurales de l'Ontario	Guelph (Ontario)	Déc. 2006
Aperçu et constatations préliminaires		
2007		
Atelier sur la rivière Saint-Jean	Fredericton (N.-B.)	Jan. 2007
Drainage Management Task Force	Raleigh-Durham (NC)	Avr. 2007
Ministre Strahl, Ministre Baird	Ottawa (Ontario)	Mai 2007
Manitoba Riparian Health Council	Winnipeg (Manitoba)	Juin. 2007
Société canadienne d'agroéconomie	Portland (Oregon)	Juil. 2007
South Nation Clean Water Commission	Berwick (Ontario)	Oct. 2007
Atlantic Agricultural Science Workshop	Truro (N.-É.)	Nov. 2007
Association des districts de conservation du Manitoba	Brandon (Manitoba)	Déc. 2007

2.1 Exposés/discussions

L'EPBH permet de renseigner un large auditoire, notamment les chercheurs, les responsables de l'élaboration de politiques publiques, les producteurs et le public, au sujet de l'avancement du projet, des méthodes employées et des résultats obtenus.

Depuis le lancement du projet, en avril 2004, les chercheurs de l'EPBH ont présenté des exposés à de nombreuses conférences et réunions techniques, tant à l'échelle nationale qu'internationale, comme le montrent les exemples présentés ci-dessous.

Tableau 15: Réunions et exposés ayant trait à l'EPBH (2004/5 - 2007/8)

Réunion/conférence/exposé	Lieu	Date
Survol du projet de l'EPBH		
2004		
Association canadienne des ressources hydriques	Montréal (Québec)	Juil. 2004
Atelier Environnement Canada/INENA	Halifax (N.-É.)	Sept. 2004
American Society of Agronomy	Seattle (Washington)	Nov. 2004
Réseau d'évaluation et de surveillance écologiques	Québec (Québec)	Déc. 2004
2005		
Synthèse de l'analyse des articles publiés (CEAP)	Lincoln (Nebraska)	Jan. 2005
Alberta Soil Science Workshop	Calgary (Alberta)	Fév. 2005
Discussion trilatérales Canada/É.-U./Mexique	Ottawa (Ontario)	Mar. 2005
International Water Association – La pollution diffuse	Johannesburg, Afrique du Sud	Juil. 2005
Soil and Water Conservation Society	Rochester (New York)	Août. 2005
Institut international du développement durable	Winnipeg (Manitoba)	Sept. 2005
National Environmental Farm Planning Practitioners Workshop	Montréal (Québec)	Oct. 2005
2006		
Ecological Goods and Services Workshop	Winnipeg (Manitoba)	Fév. 2006
Réunion technique annuelle du projet CEAP	Ames (Iowa)	Mai 2006
Modélisation du paysage, AAC	Calgary (Alberta)	Juin. 2006
Managing Ag Landscapes	Kansas City (Missouri)	Oct. 2006
Nova Scotia Federation of Agriculture (NSFA)	Truro (N.-É.)	Nov. 2006
Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, et des Affaires rurales de l'Ontario	Guelph (Ontario)	Déc. 2006
Aperçu et constatations préliminaires		
2007		
Atelier sur la rivière Saint-Jean	Fredericton (N.-B.)	Jan. 2007
Drainage Management Task Force	Raleigh-Durham (NC)	Avr. 2007
Ministre Strahl, Ministre Baird	Ottawa (Ontario)	Mai 2007
Manitoba Riparian Health Council	Winnipeg (Manitoba)	Juin. 2007
Société canadienne d'agroéconomie	Portland (Oregon)	Juil. 2007
South Nation Clean Water Commission	Berwick (Ontario)	Oct. 2007
Atlantic Agricultural Science Workshop	Truro (N.-É.)	Nov. 2007
Association des districts de conservation du Manitoba	Brandon (Manitoba)	Déc. 2007

2.2 Articles de revues examinés par les pairs

Vers la fin de la première phase du projet, les chercheurs et les partenaires de l'EPBH commençaient à avoir suffisamment d'information pour publier des articles examinés par les pairs au sujet des méthodes utilisées et des constatations du projet. Le tableau ci-dessous dresse la liste des articles publiés avant le 31 mars 2008. Les autres articles publiés depuis seront indiqués dans un rapport futur.

Tableau 16 : Articles sur l'EPBH examinés par les pairs (2007/8)

Publication (2007)	Titre
Applied and Environmental Microbiology 73 (12): 3945-3957; N.J. Ruecker, Braithwaite, S.L. et huit coll.	Tracking host sources of Cryptosporidium spp. in raw water for improved health risk assessment
Transactions, American Society of Agricultural and Biological Engineers 50(5): 1549- 63; Y.B. Liu, Yang, W. et Wang, X.	GIS-based integration of SWAT and REMM for Estimating Water Quality Benefits of Riparian Buffers in Agricultural Watersheds
Journal of Microbial Methods 69 (3): 480-488; I.U.H. Khan, Gannon, V., Kent, R, Koning W, Lapen D.R. et sept coll.	Development of a rapid quantitative PCR assay for direct detection and quantification of culturable and non-culturable E. coli from ag watersheds
Managing Agricultural Landscapes for Environmental Quality, Soil and Water Conservation Society, Ankeny, IA, p. 3-16; P. Groffman, Capel P. et deux coll.	Ecosystem Services in Agricultural Landscapes: special symposium paper.
Revue canadienne de la science du sol 87 (4):383-398; H.W. Rees, T. L. Chow et E. G. Gregorich.	Variation spatiale et temporelle des propriétés du sol à un site de culture intensive de la pomme de terre en pente dans le nord-ouest du Nouveau-Brunswick.
Applied and Environmental Microbiology 73 (17): 5401-5410; E. Lyautey, Lapen, D.R., Wilkes, G., McCleary, K. et neuf coll.	Distribution and characteristics of Listeria monocytogenes isolates from surface waters of the South Nation River Watershed, Ontario, Canada.
Revue canadienne de microbiologie 53(10):1158-1167; E. Lyautey, Hartmann, A., Pagotto, F., Tyler, K, Lapen, D.R. et huit coll.	Characteristics and frequency of detection of fecal Lysteria monocytogenes shed by livestock, wildlife, and humans.
Hydrology and Earth System Sciences, 11:1785-1795; R. Quilbé et A. N. Rousseau.	GIBSI: An integrated modelling system for watershed management – Sample applications and current developments.
Revue canadienne de la science du sol 87(5): 565-577; T.L. Chow, Rees, H.W. et trois coll.	Incidence de la concentration de fragments grossiers sur les propriétés physiques du sol, l'érosion et la production de pommes de terre.
Journal of Soil and Water Conservation, 62 (6): 423-432; W. Yang, A. Rousseau et P.C. Boxall.	An integrated economic-hydrologic modeling framework for the watershed evaluation of beneficial management practices.

2.3 Articles publiés dans des journaux, des magazines et en ligne

Les médias de partout au pays ont publié des articles sur les projets de l'EPBH dans des journaux et des magazines, tant sur support papier qu'électronique. Voici des exemples de ces articles.

Tableau 17 : Diverses publications sur l'EPBH parues dans les médias (2004/5 - 2007/8)

Publication	Article/bassin hydrographique	Date
2005		
Winnipeg Free Press	**Farmers Helping Improve Water Quality** – Ruisseau Tobacco Sud	Jan. 2005
AgriNews Interactive	**Don't Throw the Baby Out With Your Tile Drainage Water** – Rivière Nation Sud	Mai 2005
Le Conservationniste de Canards Illimités	**Sites EPBH de surveillance de la qualité de l'eau** – Projet national de l'EPBH	Automne 2005
Green Matters (Alberta Environmentally Sustainable Agriculture Council)	**Assessing BMPs for Effectiveness and Economics** – Rivière Lower Little Bow	Hiver 2005
2006		
Canadian Water Network Student Newsletter	**WEBs, and not the Spider Kind** – Ruisseau Thomas	Mar. 2006
Le Conservationniste de Canards Illimités	**Étude sur l'amélioration de la qualité de l'eau au Québec** – Bras d'Henri/Fourchette	Printemps 2006
Meristem Land & Science	**Research to help Alberta cattlemen protect water quality, and Beef production's new waterworld** – Rivière Lower Little Bow	Juil. 2006
The Victoria Star (également : La Cataracte)	**Beneficial Management Practices has positive effects in Black Brook Watershed**	Août 2006
Bulletin n° 8 du PNARSA	**Projet d'évaluation des PGB dans le cadre du PNARSA** – Projet national de l'EPBH	Automne 2006
2007		
Western Producer	**Special Report – Tobacco Creek Basin**	Juin 2007
Eastern Ontario AgriNews	**Collaboration key in three water and soil quality projects** – Rivière Nation Sud	Jul. 2007
Novanewsnow.com	**Watching the water: Small brook has big role to play in watershed work** – Ruisseau Thomas	Août 2007
Farm Focus of Atlantic Canada	**Thomas Brook Watershed: Nova Scotia's outdoor water laboratory**	Oct. 2007

2.2 Articles de revues examinés par les pairs

Vers la fin de la première phase du projet, les chercheurs et les partenaires de l'EPBH commençaient à avoir suffisamment d'information pour publier des articles examinés par les pairs au sujet des méthodes utilisées et des constatations du projet. Le tableau ci-dessous dresse la liste des articles publiés avant le 31 mars 2008. Les autres articles publiés depuis seront indiqués dans un rapport futur.

Tableau 16 : Articles sur l'EPBH examinés par les pairs (2007/8)

Publication (2007)	Titre
Applied and Environmental Microbiology 73 (12): 3945-3957; N.J. Ruecker, Braithwaite, S.L. et huit coll.	Tracking host sources of Cryptosporidium spp. in raw water for improved health risk assessment
Transactions, American Society of Agricultural and Biological Engineers 50(5): 1549- 63; Y.B. Liu, Yang, W. et Wang, X.	GIS-based Integration of SWAT and REMM for Estimating Water Quality Benefits of Riparian Buffers in Agricultural Watersheds
Journal of Microbial Methods 69 (3): 480-488; I.U.H. Khan, Gannon, V., Kent, R, Koning W, Lapen D.R. et sept coll.	Development of a rapid quantitative PCR assay for direct detection and quantification of culturable and non-culturable E. coli from ag watersheds
Managing Agricultural Landscapes for Environmental Quality, Soil and Water Conservation Society, Ankeny, IA, p. 3-16; P. Groffman, Capel P. et deux coll.	Ecosystem Services in Agricultural Landscapes; special symposium paper.
Revue canadienne de la science du sol 87 (4):383-398; H.W. Rees, T. L. Chow et E. G. Gregorich.	Variation spatiale et temporelle des propriétés du sol à un site de culture intensive de la pomme de terre en pente dans le nord-ouest du Nouveau-Brunswick.
Applied and Environmental Microbiology 73 (17): 5401-5410; E. Lyautey, Lapen, D.R., Wilkes, G., McCleary, K. et neuf coll.	Distribution and characteristics of Listeria monocytogenes isolates from surface waters of the South Nation River Watershed, Ontario, Canada.
Revue canadienne de microbiologie 53(10):1158-1167; E. Lyautey, Hartmann, A., Pagotto, F., Tyler, K, Lapen, D.R. et huit coll.	Characteristics and frequency of detection of fecal Lysteria monocytogenes shed by livestock, wildlife, and humans.
Hydrology and Earth System Sciences, 11:1785-1795; R. Quilbé et A. N. Rousseau.	GIBSI: An integrated modelling system for watershed management – Sample applications and current developments.
Revue canadienne de la science du sol 87(5): 565-577; T.L. Chow, Rees, H.W. et trois coll.	Incidence de la concentration de fragments grossiers sur les propriétés physiques du sol, l'érosion et la production de pommes de terre.
Journal of Soil and Water Conservation, 62 (6): 423-432; W. Yang, A. Rousseau et P.C. Boxall.	An integrated economic-hydrologic modeling framework for the watershed evaluation of beneficial management practices.

2.3 Articles publiés dans des journaux, des magazines et en ligne

Les médias de partout au pays ont publié des articles sur les projets de l'EPBH dans des journaux et des magazines, tant sur support papier qu'électronique. Voici des exemples de ces articles.

Tableau 17 : Diverses publications sur l'EPBH parues dans les médias (2004/5 - 2007/8)

Publication	Article/bassin hydrographique	Date
2005		
Winnipeg Free Press	**Farmers Helping Improve Water Quality** – Ruisseau Tobacco Sud	Jan. 2005
AgriNews Interactive	**Don't Throw the Baby Out With Your Tile Drainage Water** – Rivière Nation Sud	Mai 2005
Le Conservationniste de Canards Illimités	**Sites EPBH de surveillance de la qualité de l'eau** – Projet national de l'EPBH	Automne 2005
Green Matters (Alberta Environmentally Sustainable Agriculture Council)	**Assessing BMPs for Effectiveness and Economics** – Rivière Lower Little Bow	Hiver 2005
2006		
Canadian Water Network Student Newsletter	**WEBs, and not the Spider Kind** – Ruisseau Thomas	Mar. 2006
Le Conservationniste de Canards Illimités	**Étude sur l'amélioration de la qualité de l'eau au Québec** – Bras d'Henri/Fourchette	Printemps 2006
Meristem Land & Science	**Research to help Alberta cattlemen protect water quality**, and **Beef production's new waterworld** – Rivière Lower Little Bow	Juil. 2006
The Victoria Star (également : La Cataracte)	**Beneficial Management Practices has positive effects in Black Brook Watershed**	Août 2006
Bulletin n° 8 du PNARSA	**Projet d'évaluation des PGB dans le cadre du PNARSA** – Projet national de l'EPBH	Automne 2006
2007		
Western Producer	**Special Report – Tobacco Creek Basin**	Juin 2007
Eastern Ontario AgriNews	**Collaboration key in three water and soil quality projects** – Rivière Nation Sud	Juil. 2007
Novanewsnow.com	**Watching the water: Small brook has big role to play in watershed work** – Ruisseau Thomas	Août 2007
Farm Focus of Atlantic Canada	**Thomas Brook Watershed: Nova Scotia's outdoor water laboratory**	Oct. 2007
2008		
Drainage Contractor	**Watershed Evaluation of Beneficial Management Practices** – Rivière Nation Sud	Édition 2008
Crops	**BMP auction being developed** – Ruisseau Tobacco Sud	Mar. 2008
Le Conservationniste de Canards Illimités	**WEBs study tour draws diverse group** – Bras d'Henri / Fourchette	Printemps 2008

2.4 Fiches techniques, communiqués, brochures

Une série de fiches d'information a été préparée pour l'ensemble du projet et pour les sept bassins versants de l'étude. Ces fiches ont été suivies par des communiqués et d'autres produits d'information, dont un site Web. Des brochures techniques plus détaillées ont été publiées pour chacun des sept bassins versants.

Tableau 18 : Produits de communication de l'EPBH (2004/5 - 2007/8)

Description	But/contenu	Date
Fiches d'information sur le projet de l'EPBH	Historique du projet national et documents d'information générale pour chacun des sept bassins versants de l'EPBH	Oct. 2004 Été 2005 Révisé en oct. 2007
Communiqué national	Évaluation des pratiques de gestion bénéfiques des terres pour préserver la qualité de l'eau	Juillet 2005
Communiqués sur les bassins versants	Série de sept communiqués diffusés localement	Automne 2005 Révisés en février 2006
Mise à jour sur l'EPBH	Envoi périodique de courriels traitant de différents aspects du projet susceptibles d'intéresser diverses parties	En cours
Affiches et expositions	Pour les conférences, réunions, etc.	En cours
Site Web	Information sur le projet et description détaillée des sites	Automne-hiver 2005; révisé automne 2006
Livrets sur les bassins versants	Livrets de 8 pages en couleur décrivant chacun des sept projets de l'EPBH	Jan. 2006

2.5 Ateliers et réunions

En plus de s'entretenir lors des conférences téléphoniques prévues au calendrier, les participants au projet tiennent souvent des réunions en personne. Les visites annuelles de sites permettent aux partenaires locaux, aux chercheurs de l'EPBH, et des décideurs d'interagir sur le terrain. Enfin, la réunion technique annuelle permet aux chercheurs de faire part de leurs réussites et de leurs difficultés à un plus large auditoire.

Tableau 19 : Ateliers et réunions de l'EPBH (2004/5 - 2007/8)

Description	Fréquence	Date
Réunions et visites de site des comités directeurs locaux	**Régulièrement au cours de l'année**	**2003/8 -2007/8**
Atelier du volet économique	**Au moins une fois par an**	**2004/8 -2007/8**
Atelier du volet de modélisation hydrologique	**Au moins une fois par an**	**2004/8 -2007/8**
Atelier du volet de modélisation intégrée	**Au moins une fois par an**	**2004/8 -2007/8**
Visites des bassins versants (automne)	**En règle générale, fin de l'été ou l'automne**	**2005, 2006, 2007**
Réunion techniques annuelles	**Vers la fin de chaque exercice financier**	**2005 - 2008**

2.4 Fiches techniques, communiqués, brochures

Une série de fiches d'information a été préparée pour l'ensemble du projet et pour les sept bassins versants de l'étude. Ces fiches ont été suivies par des communiqués et d'autres produits d'information, dont un site Web. Des brochures techniques plus détaillées ont été publiées pour chacun des sept bassins versants.

Tableau 18 : Produits de communication de l'EPBH (2004/5 - 2007/8)

Description	But/contenu	Date
Fiches d'information sur le projet de l'EPBH	Historique du projet national et documents d'information générale pour chacun des sept bassins versants de l'EPBH	Oct. 2004 Été 2005 Révisé en oct. 2007
Communiqué national	Évaluation des pratiques de gestion bénéfiques des terres pour préserver la qualité de l'eau	Juillet 2005
Communiqués sur les bassins versants	Série de sept communiqués diffusés localement	Automne 2005 Révisés en février 2006
Mise à jour sur l'EPBH	Envoi périodique de courriels traitant de différents aspects du projet susceptibles d'intéresser diverses parties	En cours
Affiches et expositions	Pour les conférences, réunions, etc.	En cours
Site Web	Information sur le projet et description détaillée des sites	Automne-hiver 2005; révisé automne 2006
Livrets sur les bassins versants	Livrets de 8 pages en couleur décrivant chacun des sept projets de l'EPBH	Jan. 2008

2.5 Ateliers et réunions

En plus de s'entretenir lors des conférences téléphoniques prévues au calendrier, les participants au projet tiennent souvent des réunions en personne. Les visites annuelles de sites permettent aux partenaires locaux, aux chercheurs de l'EPBH, et des décideurs d'interagir sur le terrain. Enfin, la réunion technique annuelle permet aux chercheurs de faire part de leurs réussites et de leurs difficultés à un plus large auditoire.

Tableau 19 : Ateliers et réunions de l'EPBH (2004/5 - 2007/8)

Description	Fréquence	Date
Réunions et visites de site des comités directeurs locaux	Régulièrement au cours de l'année	2005/6 -2007/8
Atelier du volet économique	Au moins une fois par an	2004/5 -2007/8
Atelier du volet de modélisation hydrologique	Au moins une fois par an	2004/5 -2007/8
Atelier du volet de modélisation intégrée	Au moins une fois par an	2004/5 -2007/8
Visites des bassins versants (automne)	En règle générale, fin de l'été ou l'automne	2005, 2006, 2007
Réunion techniques annuelles	Vers la fin de chaque exercice financier	2005 - 2008

2.6 Rapports

À la fin de chaque exercice, les chercheurs de l'EPBH rédigent un rapport au sujet des méthodes qu'ils ont employées et des conc' isions qu'ils ont tirées. Un rapport de synthèse de l'EPBH est distribué aux intervenants et aux autres parties intéressées. Les responsables de l'EPBH conservent également les documents et les rapports de projet indiqués ci-dessous.

Tableau 20 : Rapports sur l'EPBH (2003/4 - 2007/8)

Titre	But/distribution	Date
Document de création du projet	Diffusé pour examen avant le lancement du projet	Déc. 2003
Charte du projet EPBH	Survol régulier des objectifs, de la structure, de la gouvernance, etc. de l'EPBH	Sept. 2004
Rapports annuels sur les bassins versants	Présentés à Canards Illimités Canada aux te:mes de l'accord conclu entre l'organisme et AAC	Chaque année au 31 mars
Examen d'étape de l'EPBH	Révision des objectifs, du statut d'avancement et des résultats prévus	Déc. 2006
Document de concept de *Cultivons l'avenir* sur l'EPBH	Description des grandes étapes et des objectifs de la phase de l'EPBH de *Cultivons l'avenir*	Mars 2008
Rapports annuels de l'EPBH	Diffuser de l'information et faire connaître le statut d'avancement du projet à un large éventail de parties intéressées	2004/5 - 2006/7

Pour de plus amples renseignements, veuillez consulter le site Web de l'EPBH à l'adresse www.agr.gc.ca/epbh ou envoyer un courriel à epbh@agr.gc.ca.

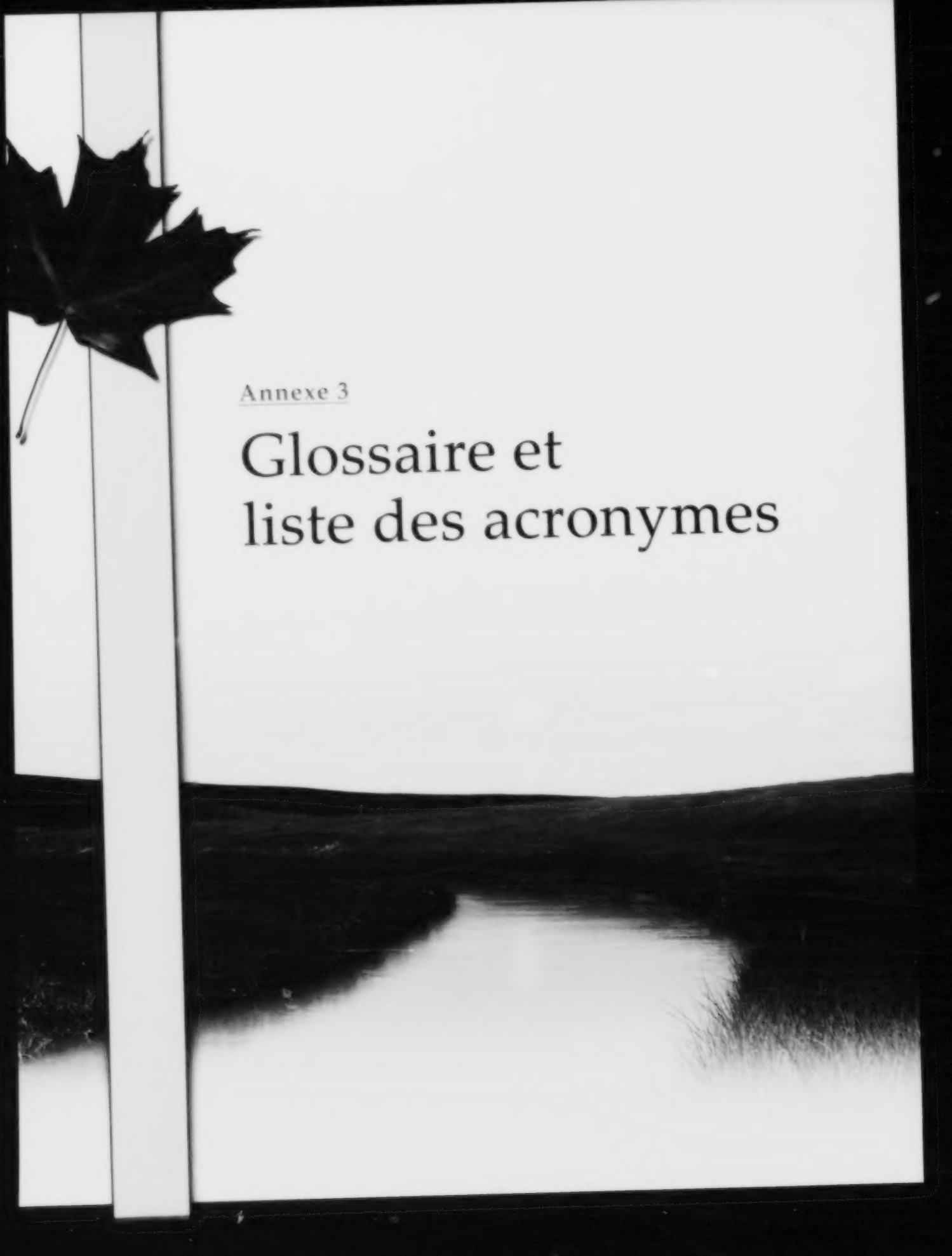
2.6 Rapports

À la fin de chaque exercice, les chercheurs de l'EPBH rédigent un rapport au sujet des méthodes qu'ils ont employées et des conclusions qu'ils ont tirées. Un rapport de synthèse de l'EPBH est distribué aux intervenants et aux autres parties intéressées. Les responsables de l'EPBH conservent également les documents et les rapports de projet indiqués ci-dessous.

Tableau 20 : Rapports sur l'EPBH (2003/4 - 2007/8)

Titre	But/distribution	Date
Document de création du projet	Diffusé pour examen avant le lancement du projet	Déc. 2003
Charte du projet EPBH	Survol régulier des objectifs, de la structure, de la gouvernance, etc. de l'EPBH	Sept. 2004
Rapports annuels sur les bassins versants	Présentés à Canards Illimités Canada aux termes de l'accord conclu entre l'organisme et AAC	Chaque année au 31 mars
Examen d'étape de l'EPBH	Révision des objectifs, du statut d'avancement et des résultats prévus	Déc. 2006
Document de concept de *Cultivons l'avenir* sur l'EPBH	Description des grandes étapes et des objectifs de la phase de l'EPBH de *Cultivons l'avenir*	Mars 2006
Rapports annuels de l'EPBH	Diffuser de l'information et faire connaître le statut d'avancement du projet à un large éventail de parties intéressées	2004/5 - 2006/7

Pour de plus amples renseignements, veuillez consulter le site Web de l'EPBH à l'adresse www.agr.gc.ca/epbh ou envoyer un courriel à epbh@agr.gc.ca.



Annexe 3

Glossaire et liste des acronymes

Glossaire

Terme	Définition
Accord de contribution	Il s'agit d'un accord écrit entre AAC et un organisme partenaire qui reçoit un paiement en échange de l'exécution de certaines conditions. L'accord décrit les obligations de chaque partie et les modalités de paiement.
Agent pathogène	Généralement un microorganisme, qui cause, ou peut causer, la maladie ou la mort.
Agriculture durable	Activité d'exploitation agricole qui permet de garder la terre productive, d'en assurer la santé à long terme et de maintenir la rentabilité de la ferme.
Ammoniac	Composé d'azote et d'hydrogène (NH_3).
Apport	Ce que l'on inclut dans un système d'exploitation ou que l'on y ajoute, comme de l'énergie, des pesticides ou des nutriments.
Azote	C'est un nutriment essentiel à la croissance des plantes. Il existe sous de nombreuses formes différentes, y compris ammoniaque, nitrate et nitrite, et sous forme gazeuse. Voir *azote total*.
Azote résiduel	Quantité d'azote dans le sol qui est supérieure aux besoins des cultures ou à leur capacité à l'absorber.
Azote total	Toutes les formes d'azote (organique, ammoniacal, nitrate et nitrite).
Bande ou zone tampon	Bande de terre ou zone tampon qu'on a aménagée entre des zones cultivées et des habitats naturels afin de limiter les répercussions de l'agriculture sur ces derniers.
Base de données relationnelle	Base de données qui regroupe des données en utilisant des attributs communs trouvés dans un ensemble de données. Lie des attributs communs enregistrés dans différents tableaux.
Bassin de retenue	Petit bassin ou étang conçu pour retenir les eaux chargées de sédiments ou contaminées jusqu'à ce qu'elles puissent être traitées pour respecter les normes relatives à la qualité de l'eau ou être utilisées d'une autre façon.
Bassin hydrographique	Superficie géographique de terre d'où les précipitations s'accumulent dans un cours d'eau (ruisseau, rivière, étang, lac, terres humides ou océan). Les grands bassins hydrographiques sont composés de nombreux *sous-bassins hydrographiques* plus petits. Connu également sous le nom de bassin de drainage.
Bassin hydrographique d'intervention	Connu aussi sous le nom de bassin hydrographique expérimental, le bassin hydrographique d'intervention est le bassin dans lequel on met en œuvre des PGB. On peut comparer les résultats obtenus avec ceux du *bassin hydrographique témoin*. Voir *bassins hydrographiques couplés (jumelés)*.
Bassin hydrographique témoin	Bassin hydrographique pour lequel aucune PGB n'a été adoptée, utilisé pour établir des comparaisons par rapport au bassin hydrographique d'intervention. Voir *bassins hydrographiques couplés (jumelés)*.
Bassins hydrographiques couplés (jumelés)	Conception expérimentale fondée sur le choix de deux bassins hydrographiques semblables, l'un étant le *bassin hydrographique témoin* et l'autre, le *bassin hydrographique d'intervention*. On fait une comparaison entre les deux sites.
Budget pour la gestion des éléments nutritifs	Comparaison de l'ensemble des apports avec toutes les pertes de nutriments dans un système d'exploitation. Il peut aider à repérer les problèmes liés à la production ou à l'environnement soulevés par un excès ou un manque d'éléments nutritifs.

Terme	Définition
Charge en éléments nutritifs	Quantité totale d'un nutriment transportée ou reçue par un plan d'eau pendant une période de temps précise. Elle s'exprime généralement en poids par unité de superficie et unité de temps.
Charge ou chargement	Quantité totale d'une substance transportée ou reçue par un plan d'eau pendant une période de temps précise. Voir *Charge en éléments nutritifs*.
Coliformes fécaux	Organismes bactériens liés au tube digestif. Ils indiquent généralement la présence d'un agent pathogène.
Concentration	Quantité de matière dissoute dans une unité de volume d'une solution.
Concentration de particules	Nombreuses petites particules individuelles non dissoutes.
Contaminant	Substance qui rend l'eau impropre à son utilisation prévue.
Couvert végétal permanent	Se réfère aussi à une couverture ou aux fourrages permanents. Mesure de conservation visant surtout à maintenir les sols propices à l'érosion pour les pâturages et la production de fourrage.
Culture continue	Pratique consistant soit à cultiver chaque saison sans laisser d'année de jachère, soit à cultiver la même espèce végétale sur la même terre d'une année à l'autre.
Culture couvre-sol	Il s'agit d'une culture secondaire qu'on produit après la récolte ou qu'on établit entre les rangées de la culture principale afin de fournir une couverture de protection qui permettra de restreindre l'érosion du sol et le lessivage des éléments nutritifs.
Culture en courbes de niveau	Culture qu'on effectue dans le sens des courbes de niveau plutôt que dans le sens de la pente dans le but de réduire l'érosion du sol, d'en protéger la fertilité et d'utiliser l'eau plus efficacement.
Culture sans travail du sol	Toute méthode d'ensemencement et de fertilisation n'impliquant aucun travail du sol.
Débit de base	Débit d'un cours d'eau précis à un moment de l'année où il n'y a aucune averse de pluie ou fonte de neige.
Dépistage des sources de pollution microbienne	Science consistant à faire correspondre les microbes présents dans un site pollué à une source animale afin de déterminer l'origine d'un cas de pollution fécale.
Devenir	Il s'agit du lieu, dans l'environnement, où un contaminant se retrouvera.
Données agronomiques	Information recueillie au sujet des pratiques d'utilisation des terres et de culture.
Drainage	Procédure qui vise à améliorer la productivité des terres agricoles en contribuant à l'enlèvement de l'excès d'eau du sol à l'aide de fossés, de puits absorbants et de tuyaux enterrés sous la surface.
Drainage contrôlé au moyen de tuyaux	Système composé de dispositifs de contrôle qu'on a placé de façon stratégique au bout des drains des tuyaux pour ajuster le niveau de la nappe phréatique.
Drainage par canalisations	Système de conduites perforées installé dans le sol pour amener l'excès d'eau du sol vers un fossé de sortie ou un cours d'eau.
Drainage subsuperficiel	Déplacement d'eau souterrain hors d'une zone. Se réfère à des systèmes naturels ou artificiels.

Terme	Définition
E. coli	Une des bactéries de type coliforme les plus répandues. La présence de cette bactérie constitue un indicateur de pollution fécale. La contamination des aliments par *E. coli*, qui est une bactérie parfois pathogène, peut causer de graves maladies.
Eau souterraine	Eau présente sous la surface de la terre dont la surface supérieure forme la surface libre de la nappe.
Eaux d'amont	Sources et cours supérieurs d'un cours d'eau ou d'une rivière.
Échantillon composite	Échantillon constitué d'au moins deux portions d'eau de quantités égales, mélangées, qui fournit un échantillon représentatif.
Échantillon instantané	Mesure ou échantillon unique pris à un certain moment ou au cours d'une période aussi courte que possible.
Échantillonneur automatique	Échantillonneur d'eau pouvant être programmé afin qu'il fonctionne selon un horaire prédéterminé et pendant les épisodes pluvieux et les périodes de débit de pointe.
Économie comportementale des exploitations agricoles	Étude qui porte sur les raisons pour lesquelles les producteurs adoptent ou non certaines pratiques, notamment les PGB.
Écoulement	Volume d'eau, exprimé par unité de temps, qui s'écoule d'une source ou qui coule à un point donné.
Entérobactérie	Il s'agit d'une bactérie qu'on trouve normalement dans les intestins de nombreux animaux et même des humains. *E. coli* est une des plus connues.
Espèces indicatrices	Espèces qui sont en étroite corrélation avec un environnement ou un type d'habitat particulier de façon telle que sa présence ou son absence peut indiquer les conditions du milieu.
Essais en bordure de champ	Échantillonnage qu'on effectue à l'échelle du champ afin de connaître l'incidence de chacune des PGB. On combine ces essais à un échantillonnage des eaux de la décharge d'un bassin hydrographique dans le but de déterminer l'incidence et l'efficacité globales des PGB.
Étalonnage	Ajustement des paramètres d'un modèle de manière à optimiser la conformité entre les données de ce dernier et les données observées.
Eutrophisation	Processus par lequel un plan d'eau reçoit une grande concentration d'éléments fertilisants, en particulier de nitrates et de phosphates.
Évacuation	Terme générique habituellement exprimé en pied cube par seconde qui désigne un courant de débordement ainsi que différents écoulements, notamment d'un tuyau à un cours d'eau ou d'un cours d'eau à un lac ou à un océan.
Évaluation biophysique	Évaluation de l'incidence des PGB sur l'environnement au niveau de la composition chimique de l'eau ainsi que sur le plan biologique et physique.
Évaluation de la santé des zones riveraines	Évaluation de la santé d'une *zone riveraine*. Elle comprend généralement une étude de la santé de la végétation et des rives.
Exploitation d'élevage intensif	Élevage à grande échelle pratiqué sur une base de terre d'une superficie relativement petite.
Exportation de nutriments	Mouvement dirigé de nutriments à l'extérieur d'un champ ou d'un bassin hydrographique donné. Peut avoir lieu quand les cultures sont récoltées ou au cours d'un autre processus tel que l'érosion des sols ou le lessivage.

Terme	Définition
Extrapolation	Application d'un modèle à une zone plus grande, généralement au niveau du bassin hydrographique suivant.
Fourrage	Matière végétale que mange le bétail.
Gaz à effet de serre	Gaz qui contribue à l'effet de serre en absorbant le rayonnement infrarouge.
Hydrologie	Étude relative à la distribution, aux propriétés et aux effets de l'eau à la surface de la terre, dans le sol, les roches sous-jacentes et l'atmosphère.
Invertébrés aquatiques	Espèces aquatiques ne possédant aucun squelette interne, notamment les insectes, les mollusques et les écrevisses. Voir macroinvertébrés benthiques.
Isotopes	Les atomes d'un même élément ayant un nombre de neutrons différent.
Jachère d'été	Terre qui n'est pas cultivée pendant au moins un an. Gestion par culture ou arrosage pour lutter contre les mauvaises herbes.
Lessivage	Processus au cours duquel des matières solubles dans le sol, comme des nutriments ou des pesticides, sont dissoutes et entraînées vers des couches de sol plus profondes et entraînées par l'eau.
Macroinvertébré	Invertébré suffisamment grand pour être vu à l'œil nu.
Macroinvertébrés benthiques	Petits invertébrés (espèces sans colonne vertébrale) qui vivent dans des écosystèmes aquatiques ou dans les substrats du fond de ces écosystèmes pendant la totalité ou une partie de leur cycle de vie.
Marge brute	Revenu brut divisé par les ventes nettes, exprimé en pourcentage. Les marges brutes indiquent les revenus d'une exploitation agricole en prenant en compte les coûts de production.
Matières dissoutes totales	Quantité de substances (tels que les sels ou les minéraux) dissoutes dans l'eau qui restent après évaporation. Déterminée au cours de la pesée des résidus.
Matières totales en suspension	Aussi appelées résidus non filtrables. Mesure des particules solides en suspension dans les eaux usées, les effluents ou les plans d'eau.
Mécanismes de transport	Processus par lesquels les éléments nutritifs se déplacent d'un endroit à l'autre.
Métadonnées	Donnée relative à des données qui sert à décrire les données recueillies sans en compromettre la protection ou la confidentialité.
Micro-bassins hydrographiques	À des fins d'EPBH, un petit sous-bassin qui mesure entre 300 et 2 500 hectares.
Modèle hydrologique	Logiciel conçu pour simuler un ruissellement d'un bassin hydrographique après des pluies.
Modèle intégré	Dans le cadre l'EPBH, modèle hydrologique qui a été jumelé à un modèle économique afin de prévoir l'effet combiné hydrologique-économique d'une PGB.
Module	Unité de logiciel séparée utilisée dans divers systèmes. Fonctionne avec les composants d'autres systèmes.
Morphologie d'un cours d'eau	Forme du chenal du cours d'eau (forme, profondeur, circuit et emplacement), forme de sa vallée et des modifications apportées au fil du temps.

Terme	Définition
Nitrate	Composé soluble renfermant de l'azote qui, lorsqu'il n'est pas utilisé par les plantes peut être entraîné dans le sol et vers l'eau souterraine.
Nutriment	Substance, élément ou composé nécessaire à la croissance, au développement et à la reproduction des plantes et des animaux. Comprend l'*azote* (N) et le *phosphore* (P).
Outil d'aide à la prise de décision	Connaissance, système d'information ou base de données qui met à profit des méthodes d'analyse en vue d'aider les décideurs à choisir des solutions appropriées.
Oxygène dissous	Mesure de la quantité d'oxygène disponible pour l'activité biochimique dans une masse d'eau. L'oxygène dissous est un indicateur de la qualité de cette eau.
Paramètres du milieu	Facteur variable et mesurable de la santé d'un système. Les paramètres liés à la qualité de l'eau comprennent la température, le pH, la concentration de bactéries et la teneur en éléments nutritifs.
Pédologie	Étude des sols, notamment de leur origine, de leurs caractéristiques et de leur utilisation.
Percolation	Déplacement d'eau à travers les couches subsuperficielles du sol, dirigé généralement vers le bas jusqu'à l'eau souterraine ou la surface libre de la nappe.
pH	Expression quantitative de l'acidité ou de l'alcalinité d'une solution.
Phosphore	Élément nutritif essentiel à la croissance des plantes. On le trouve sous forme soluble ou en particules. Un excès de phosphore (P) peut causer une *eutrophisation*. Voir *phosphore total*.
Phosphore total	Comprend le phosphore (P) dissout dans l'eau, plus le phosphore en particules, y compris le phosphore organique, le phosphore à algues et le phosphore bactérien, et le phosphore qui est présent, de l'état adsorbé à l'état de matière en suspension.
Plan de gestion des nutriments	Plan établi à la ferme pour recenser toutes les sources d'éléments nutritifs disponibles aux cultures et les répartir parmi les parcelles afin d'en retirer la plus grande rentabilité possible en nuisant le moins possible à l'environnement.
Point de repère	Contexte initial permettant d'évaluer les conditions environnementales d'après des conditions de référence (de base), des données d'enquêtes régionales ou des articles publiés.
Points d'abreuvoirs hors des cours d'eau	Eau fournie aux animaux pour remplacer l'accès direct à un plan d'eau.
Pratiques de gestion bénéfiques (PGB)	Méthodes visant à soutenir la production tout en réduisant ou en prévenant les risques environnementaux et les conséquences négatives sur l'environnement.
Précipitations	Toute forme de pluie ou de neige qui tombe de l'atmosphère sur le sol.
Ruissellement	Partie des précipitations ou de la fonte des neiges qui atteint les cours d'eau en coulant sur le sol ou à travers le sol. Les eaux de ruissellement de surface coulent sur le sol sans y pénétrer.
Sédimentation	Dépôt de particules de terre dans des eaux de surface.
Sédiments en suspension	Particules de terre en suspension dans l'eau.
Semis direct	Processus qui consiste à semer directement dans le sol sans avoir recours ni à un planteur spécial ni à un travail du sol après la récolte. Aussi appelé culture sans labour.

Terme	Définition
Signature isotopique	Abondance relative d'isotopes d'un élément donné dans un échantillon précis.
Source non ponctuelle	Pollution qui vient de sources diffuses (non ponctuelles) sur une zone relativement grande.
Sous-bassin hydrographique	Bassin hydrographique plus petit faisant partie d'un plus grand bassin.
Stratification	Développement de couches terrestres ou géologiques.
Système d'information géographique (SIG)	Système informatisé qui intègre du matériel de traitement des données, un logiciel et des données pour saisir, gérer, analyser et présenter toutes les formes d'information à référence géographique.
Télédétection	Utiliser des capteurs placés sur des avions ou des satellites pour recueillir des données sous forme d'images pouvant être manipulées et analysées.
Terrasse	Topographie en escalier qui coupe la continuité d'une pente. Moyen de contrôler l'érosion du sol.
Travail de conservation du sol	Tout système de travail du sol ou de plantation ayant pour but de diminuer les pertes de sol et d'eau. Du point de vue opérationnel, il s'agit d'un système qui laisse des résidus de culture sur au moins 30 p. 100 de la surface du sol.
Travail du sol classique	Travail du sol qu'on effectue généralement pendant la préparation d'une couche de semis et qui laisse habituellement une couverture de résidus de culture sur moins de 30 p. 100 de la surface du sol.
Tronçon	Portion dans laquelle un cours d'eau ou une rivière garde des caractéristiques relativement homogènes.
Unités de réponse hydrologique (URH)	Unités homogènes dans un modèle de bassin hydrographique, délimitées en fonctions de caractéristiques telles que la pente, l'altitude, le type de végétation ou de sol et les précipitations. Aussi connues sous le nom d'unités hydrologiques relativement homogènes (UHRH).
Validation	Comparaison des résultats d'un modèle avec l'ensemble de données indépendantes (sans autres ajustements).
Voie d'eau gazonnée	Bande de terre gazonnée utilisée comme un chenal pour le ruissellement de l'eau de surface qui sert à filtrer les sédiments et à ralentir le flux du ruissellement et, ainsi, à contrôler l'érosion.
Zone riveraine	Terre qui borde un cours d'eau ou un plan d'eau.

Liste des acronymes

1-D	Unidimensionnel
AAC	Agriculture et Agroalimentaire Canada
Alb.	Alberta
ARAP	Administration du rétablissement agricole des Prairies
C.-B.	Colombie-Britannique
CCME	Conseil canadien des ministres de l'Environnement
CEAP	Conservation Effects Assessment Project
CFB	Club de fertilisation de la Beauce
CSA	Cadre stratégique pour l'agriculture
DNDC	DeNitrification and DeComposition model (modèle de dénitrification et de décomposition)
DSPM	Dépistage des sources de pollution microbienne
EPBH	Évaluation des pratiques de gestion bénéfiques à l'échelle des bassins hydrographiques
É.-U.	États-Unis
GIBSI	Gestion intégrée par bassin versant à l'aide d'un système informatisé
INENA	Initiative nationale d'élaboration de normes agroenvironnementales
INRS	Institut national de la recherche scientifique
IRDA	Institut de recherche et de développement en agroenvironnement
MAPAQ	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
Man.	Manitoba
MDDEP	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec
N	Azote
N.-B.	Nouveau-Brunswick
N.-É.	Nouvelle-Écosse
Ont.	Ontario
P	Phosphore
PGB	Pratiques de gestion bénéfiques
PNARSA	Programme national d'analyse et de rapport en matière de santé agro-environnementale
Qc	Québec
SIG	Système d'information géographique
Sask.	Saskatchewan
SWAT	Soil and Water Assessment Tool (outil d'évaluation des terres et des eaux)
UHRH	Unité hydrologique relativement homogène
URH	Unité de réponse hydrologique
USDA	Ministère de l'Agriculture des États-Unis